PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 8. 15. April 1907. 8. Jahrgang.

Redaktionsschluß für No. 9 am 22. April 1907.

INHALT.

Originalmitteilungen:

E. Hoppe, Zum Gedächtnis Leonhard Eulers. S. 225.

C. Runge, Über die Zerlegung von Spektrallinien im magnetischen Felde. S. 232.

J. Koenigsberger, Über das Verhältnis der Wärmeleitung zur Elektrizitätsleitung. S. 237.

R. Schenck, Die elektrische Leitfähigkeit der Legierungen und die Elektronentheorie. S. 239.

C. Dieterici, Ein elektromagnetischer Rotationsapparat. S. 244.

Th. Wulf, Ein neues Elektrometer für statische Ladungen. S. 246.

J. Stark, Latente Fluoreszenz und optische Sensibilisation. S. 248.

J. Stark u. R. Meyer, Beobachtungen über die Fluoreszenz von Benzolderivaten. S. 250.

Besprechungen:

Ph. Häfner, Stromverteilungssysteme und Berechnung elektrischer Leitungen. S. 256.

Briefkasten.

E. Weiß, Zur Regelation des Eises. S. 256.

Berichtigung. S. 256.

Tagesereignisse. S. 256.

Personalien. S. 257.

Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1907. S. 257.

Gesuche. S. 272.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Zum Gedächtnis Leonhard Eulers.

Von Edmund Hoppe.

Am 15. April jährt sich zum zweihundertsten Male der Tag, an welchem L. Euler in Basel als Sohn des Predigers P. Euler und dessen Gemahlin Margaretha geb. Brucker das Licht der Welt erblickte. Leonhard Euler, der in den 76 Jahren seines Lebens in allen Zweigen der Mathematik und Physik bahnbrechend gewirkt hat, ein Mann, dessen Gedächtnis in Ehren zu halten der exakten Forschung vornehme Pflicht ist. — Basel stand damals im Mittelpunkt des wissenschaftlichen Verkehrs durch die Familie Bernoulli, deren berühmte Glieder durch drei Generationen in Basel eine Schule hervorragender Mathematiker bildeten, die durch ganz Europa im Dienste mathematischer Wissenschaft wirkten. Eulers Vater hatte bei Jakob Bernoulli, dem älteren, seine mathematischen Studien gemacht und unterwies nun seinen Sohn mit solchem Erfolge in der Mathematik, daß derselbe mit 14 Jahren bereits unter die Schüler Johann Bernoullis aufgenommen wurde und mit 16 Jahren schon die Magisterwürde erlangte (1723). Vier Jahre später reichte Euler seine erste Preisarbeit bei der Akademie in Paris ein über die Bemastung der Schiffe, wofür er das accessit erlangte, und im gleichen Jahre erschien seine erste Publikation unter dem Titel: Dissertatio physica de sono. In demselben Jahre (1727) verließ er seine Heimat, um nie wieder dahin zurückzukehren. Euler war mit den beiden älteren Söhnen seines Lehrers Nicolaus und Daniel innig befreundet; diese hatten auf einer Reise nach Italien Goldbach kennen gelernt und waren von ihm für die zu gründende Akademie der Wissenschaft in St. Petersburg empfohlen. Als der ältere, Nicolaus, schon nach einjährigem Aufenthalt in Petersburg 1726 starb, bemühte sich Daniel an dessen Stelle Euler zu setzen und in der Tat unterzeichnete Katharina I. die Berufung des 20jährigen Gelehrten an die Akademie. An demselben Tage jedoch, als Euler in Petersburg ankam, starb Katharina und der dann die Regierung führende Dolgoruki erklärte die Berufung für ungültig, so daß Euler froh sein konnte, statt der Professur für Mathematik eine Anstellung als Schiffsleutnant zu erhalten. Erst nach dem Tode Peters II. erhielt Euler (1730) die Professur für Physik und wurde nach der Rückkehr Daniel Bernoullis nach Basel 1633 dessen Nachfolger in der Akademie, in deren Abhandlungen er bereits vor seinem Eintritt 13 mathematische, eine astronomische und 8 physikalische Arbeiten veröffentlicht hatte. Außer diesen 22 Arbeiten waren noch 2 in den Acta eruditorum erschienen, unter diesen sind die Behandlung der Tautochrone und die Schwingungen einer elastischen Platte für die Physik besonders hervorzuheben.

Die Universalität seines Wissens und der erstaunliche Fleiß, der schon in diesen ersten 6 Jahren seines öffentlichen Wirkens zutage trat, hat Euler bis an sein Lebensende zu einem der produktivsten Geister aller Zeiten gemacht, ja das letzte Dezennium ist das fruchtbarste gewesen, sind doch in der Zeit von 1773 bis 1783 nicht weniger als 355 Arbeiten von Euler erschienen und dabei hinterließ er 184 ungedruckte Manuskripte, so daß die Akademie, wie er es dem Grafen Orlow versprochen hatte, noch für 20 Jahre nach seinem Tode mit Arbeiten versorgt war.

In demselben Jahre, in welchem er in die Akademie als ordentliches Mitglied eintrat, verheiratete er sich mit Catharina Gsell, der Tochter eines von Peter dem Großen nach Petersburg gezogenen Schweizer Malers. Aus dieser Ehe stammten 13 Kinder, von denen aber nur 3 Söhne und 2 Töchter das Kindes-

alter überlebten. Es kann nicht unsere Aufgabe sein, die großen Verdienste Eulers um die reine Mathematik hier im einzelnen darzustellen, in Cantors Geschichte der Mathematik ist das in unübertrefflicher Weise geschehen. Wir richten unser Augenmerk in erster Linie auf seine Verdienste für die Physik und berühren die zahlreichen Arbeiten aus andern Gebieten nur nebenbei. Euler war nicht ein experimenteller Physiker im eigentlichen Sinne. Wohl hat er auch Experimente gemacht, aber fast nur um die Ergebnisse seiner theoretischen Schlußfolgerungen zu bewahrheiten. Sein wesentliches Interesse war die Analysis und diese wandte er, wo er irgend konnte, auch in der Physik an, und der Erfolg hat ihm recht gegeben; denn es gibt kaum ein Gebiet der Physik, welches er nicht auf diese Weise bereichert hätte.

Schon bald nach seiner Wahl in die Akademie fing er an sich mit der Mechanik zu beschäftigen, auf welche er als der erste die Analysis konsequent anwandte. Im Jahre 1736 erschien die Mechanica, sive motus scientia analytica exposita in zwei Bänden und bewirkte eine vollständige Revolution in dieser Disziplin. Wohl hatte Newton in seinem Philosophiae naturalis principia (1687) eine rationelle Mechanik geschaffen und Hermann hatte in seiner Phoronomia (1716) sich ebenfalls auf mathematische Behandlung der Probleme beschränkt, aber beide arbeiteten in synthetischer Methode und nur verschleiert wandte Newton bisweilen Analysis an. Euler stellt sich von vornherein auf analytischen Standpunkt, legt mit aller Sorgfalt und Ausführlichkeit die Voraussetzungen dar und leitet daraus streng alle Folgerungen ab, indem er fortgesetzt die Differentialrechnung auf die Mechanik anwendet. Darum geht er von der Punktmechanik aus, und er ist es recht eigentlich, der den Begriff „materieller Punkt" in die Mechanik eingeführt hat; denn bei Newton bedeutet der gleiche Begriff im größten Teile seines Werkes soviel als Atom, für Euler dagegen ist der materielle Punkt ein mathematischer Begriff, der nur dazu dient, auf analytischem Wege die Gesetze der Mechanik ableiten zu können. Freilich tritt diese präzise Auffassung erst voll zur Evidenz in dem 3. Bande der Mechanik, der, schon 1736 in Aussicht genommen, erst 1765 unter dem Titel: Theoria motus corporum solidorum seu rigidorum erschien, aber daß derselbe klare Gedanke schon 1736 für Euler der maßgebende war, geht aus der ganzen Behandlung, die vollständig einheitlich ist, hervor. Es kommen allerdings in diesen beiden ersten Bänden mehrfach Äußerungen vor, die darauf gedeutet werden können, daß Euler auch an die physikalische oder gar chemische Konstitution der Körper gedacht hätte. Allein diese Bemerkungen haben sämtlich einen polemischen Zweck, den man nur erkennt, wenn man an die Zeit denkt, in welcher das Buch erschien. Sie richten sich nämlich alle gegen die Monadenlehre, wie sie besonders von Wolff gelehrt wurde. Hier in der Mechanik erwähnt Euler freilich nicht diesen Zweck, aber sobald man seine Ausdrücke vergleicht mit den Worten Wolffs über „kleinste Teile" der Körper, wird es klar, daß Euler lediglich bemüht ist, seine materiellen Punkte vor einer Verwechslung mit den Monaden zu schützen. In dem späteren Bande (1765) hatte er diese Kampfesstellung nicht mehr nötig, denn inzwischen war durch seine Arbeiten über die Monadenlehre, auf die wir noch hinweisen werden, der Kampf entschieden und eine Verwechslung nicht mehr zu fürchten. Der Name „materieller" Punkt kommt allerdings nicht bei Euler vor, er nennt ihn „körperlicher Punkt" oder auch „ein unendlich kleiner Körper, den man als Punkt betrachten kann"; während „materieller" Punkt zuerst von Lagrange (1788) gebraucht wird, aber genau in demselben Sinne, wie es Euler mit seinen körperlichen Punkten getan hat. Lagrange gebraucht bisweilen direkt die Worte, welche Euler schon angewandt hatte, z. B. „Körper endlicher Maße sind zu betrachten als Anhäufungen von einer unendlichen Anzahl von Punkten oder kleinen Körpern". Auch darin, daß Euler die Maße als Proportionalitätsfaktor zwischen Kraft und Wirkung einführte, ist er ein Vorgänger für Lagrange. Er erklärt Punkte für gleich, wenn die gleiche Kraft die gleiche Wirkung hervorbringt.

Auf die Einzelheiten der Mechanik einzugehen, ist hier nicht der Ort, nur das sei hervorgehoben, daß er mit ganz besonderer Sorgfalt die Bedeutung des Kraftantriebes hervorhebt und den Wert der Relation: Kraftantrieb = Bewegungsgröße, ins Licht setzt. Auch die Ableitung des Leibnizschen Ausdrucks der lebendigen Kraft ist eine glücklichere als bei seinem großen Vorgänger. Beachtung verdient auch, daß Euler darauf hinweist, daß man den Begriff Kraft anders fassen müsse, wenn man den Ausdruck $\frac{m \cdot v^2}{2}$ als Kraft bezeichnen wolle, wie es gewöhnlich geschehe; denn die Kraft als Ursache der Bewegung sei etwas anderes als der Wert dieses Produktes. Er hat freilich nicht den Begriff Arbeit eingeführt, aber er weiß doch, daß nicht die Kraft im gewöhnlichen Sinne erhalten bleibt. Er hat also als der Erste das Gesetz der Erhaltung der Arbeit in den mechanischen Problemen hier durchgeführt, daß er es später auch auf die übrigen physikalischen Erscheinungen anwandte, werden wir weiter unten sehen. Nebenbei sei bemerkt, daß, soviel

ich weiß, Kepler in den Harmonices mundi zum ersten Male für den Ausdruck $\frac{m \cdot v^2}{2}$ das Wort Energie gebraucht.

Im Anschluß an dies zusammenfassende Werk über die Mechanik fing Euler an über spezielle Probleme zu arbeiten, die ihn immer wieder bis zum Abschluß seines Lebens beschäftigten. Das war erstens das Problem der schwingenden Saiten und der elastischen Körper, welches zum Teil von J. Bernoulli behandelt war. Euler hat diese elastischen Schwingungen unter verschieden gegebenen Bedingungen, frei schwingend, belastet, in verschiedener Art befestigt, in einer großen Anzahl von Arbeiten behandelt. Später kam Euler über diese elastischen Schwingungen mit D. Bernoulli in eine lange Kontroverse, besonders um deswillen, weil er behauptet hatte, daß jede beliebige Kurve als eine Schwingungskurve unter besonderen Bedingungen behandelt werden könne. Bernoulli und andere bestritten dies, aber Euler, der freilich keinen allgemeinen Beweis fand, zeigte doch die Richtigkeit seiner Behauptung in allen speziellen Fällen. Die Beschäftigung hiermit führte ihn wieder zu dem ersten Aufsatz zurück, den er zwanzigjährig veröffentlicht hatte, zur Behandlung der Lehre vom Schall. Euler selbst war musikalisch und fand seine Erholung gern am Klavier. Aber er arbeitete auch während der Musik mathematisch und schloß von seiner Empfindung auf die anderer Menschen, indem er meinte, das, was eigentlich den Genuß bei der Musik gewähre, sei die Vorstellung der harmonischen Verhältnisse. So entstand 1739 seine neue Theorie der Musik, von der die Musiker meinten, sie sei zu mathematisch und die Mathematiker, sie sei zu musikalisch. Es wird eben immer nur wenige geben, die, während sie das Vergnügen harmonischer Töne empfinden, unmittelbar an die Verhältnisse der Schwingungszahlen denken, aber abgesehen davon, ist sie die erste wissenschaftliche Tonlehre.

Die zweite Frage, welche Euler zeitlebens beschäftigt hat, ist die der Attraktion der Massen. Zunächst waren es freilich nicht die Sorgen um das Prinzip selbst, sondern Anwendungen, welche ihn veranlaßten, seine berühmte Arbeit über die Anziehung von Rotations-Ellipsoiden 1738 zu schreiben. Diese Theorie war die Grundlage für die Schrift über Ebbe und Flut, welche als Antwort auf die Preisfrage der Pariser Akademie 1740 geschrieben wurde, aber erst 1752 erschien. Bei jener Preisfrage bewarben sich die drei bedeutendsten Mathematiker gleichzeitig: Joh. Bernoulli, Maclaurin und Euler, und die Pariser Akademie zog sich klug aus der Affäre, indem sie allen dreien den Preis teilte. Euler hat die Frage zunächst unter Vernachlässigung der Reibung gelöst, und fügt die Reibung des Wassers erst als Korrektion hinzu. Durch diese Korrektionsglieder gelingt es ihm, spezielle Fälle der Flut- und Ebbe-Erscheinung sehr glücklich zu lösen.

So wichtig und wertvoll diese physikalischen Arbeiten auch waren, so haben sie doch nicht Eulers Ruhm begründet, das taten vielmehr seine mathematischen Werke; denn diese fanden bei den französischen und deutschen Mathematikern ungeteilte Anerkennung, während auf dem Gebiet der Physik die Autorität Newtons noch so groß war, daß eine vom Newtonschen Standpunkt abweichende Mechanik erst langsamer durchzudringen vermochte. Aber es muß doch darauf hingewiesen werden, daß die Bedeutung der Eulerschen Mechanik von den späteren Dezennien voll anerkannt ist und bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts andauerte, so daß Wolfers noch 1848 die 3 Bände von neuem übersetzte und als Lehrbuch herausgab.

Inzwischen hatten sich in Petersburg die Verhältnisse der Akademie sehr verschlechtert durch die Thronfolgestreitigkeiten, so daß Euler gern dem Rufe Friedrichs des Großen folgte, die dem Aussterben nahe Akademie in Berlin neu zu beleben. 1741 siedelte Euler mit seiner Familie nach Berlin über, mußte aber gleich die bittere Erfahrung machen, daß zwischen Versprechen und Halten ein großer Unterschied ist. Der König hatte ihm durch Suhm die glänzendsten Bedingungen in Aussicht gestellt (Harnack, Geschichte der Preuß. Akad.), aber Euler fand die Akademie in voller Auflösung, die Gehaltsverhältnisse ungeordnet und den König abgeneigt, entscheidende Schritte zu tun zur Reorganisation, da er nur französische Gelehrte schätzte und auf Maupertuis warten wollte. Freilich kam es 1744 zu einer Art Neuordnung, bei welcher Euler zum Direktor der mathematischen Klasse ernannt wurde, doch erst 1746 wurde durch Maupertuis eine definitive Ordnung hergestellt. So erklärt sich, daß die Arbeiten Eulers aus dieser Zeit im wesentlichen noch in den Memoiren der Petersburger Akademie erschienen sind, mit welcher er außer durch persönliche Freundschaft auch dadurch verbunden bleibt, daß diese ihm vom Jahre 1742 an eine Pension auszahlte.

Doch nicht nur in diesen äußeren Verhältnissen waren diese Jahre in Berlin für Euler schwierig, auch für seine wissenschaftliche Arbeit fand er in Berlin kein rechtes Verständnis. Die Wolffsche Philosophie beherrschte die dortigen Gelehrtenkreise so sehr, daß überall nur von Monaden und den „kleinsten" Teilen die Rede war. Die Teilbarkeit der Körper sollte nur bis zu den letzten kleinen Teilen fortgesetzt werden können und alle Kräfte sollten aus den Eigenschaften dieser letzten Elemente abgeleitet wer-

den. So war für seine mechanischen Anschauungen kein Verständnis und er wurde genötigt, seinen entgegengesetzten Standpunkt, der in seiner Mechanik nur in der Einleitung zum Ausdruck gekommen war, ausführlicher zu begründen und den Kampf gegen diese Philosophie aufzunehmen. Er stützte sich dabei wesentlich auf Descartes und aus dieser Verbindung werden einzelne seiner Arbeiten und Irrtümer erst verständlich.

Euler wendet sich in einer Reihe von Arbeiten, die er in den Opusc. var. arg. 1746 gesammelt herausgab, gegen die Monadenlehre, besonders in den Arbeiten: „Untersuchungen über die kleinsten Teile", und in den „Gedanken von den Elementen der Körper", worin er den Nachweis liefert, daß die Teilbarkeit keine Grenzen kenne und nicht schließlich auf „letzte Teile" stoße. Positiv dagegen läßt sich die Konstitution der Körper aus den 3 Eigenschaften ableiten: 1. dieselben sind ausgedehnt, 2. undurchdringlich, 3. träge. Da die Monadisten ferner behaupteten, durch die Auffassung, daß die Welt aus Monaden aufgebaut sei, ergebe sich auch alsbald die Erklärung der geistigen Fähigkeiten, da sie nur Wirkungen eben dieser Monaden seien, untersucht Euler diesen Schluß in der Arbeit: Utrum materiae facullas cogitandi tribui possit nec ne? und beweist, daß die Schlußweise der Wolffschen Philosophen ein Zirkelschluß ist. Darin findet sich auch der Ausspruch, daß das Denken nicht dem Gesetz der Trägheit unterworfen sei. Da Euler in einer andern Arbeit: Sur l'origine des forces 1750 den Nachweis erbracht hat, daß das Gesetz der Erhaltung der Arbeit aus dem Trägheitsgesetz sich ergebe, ist darin derselbe Gedanke ausgedrückt, den Ostwald in seiner trefflichen Gedächtnisrede auf Bunsen etwa so ausdrückt, daß für die Geistesarbeit nicht das Gesetz der Erhaltung, sondern der Vervielfältigung gültig sei. Endlich gehört hierher die Arbeit: Reflexions sur l'espace et le temps (1748), worin er die Realität beider nachweisen will. Er gibt freilich unumwunden zu, daß es kein Mittel gibt, einen Idealisten zu überzeugen, andererseits aber sind seine Gründe, daß der Raum nicht durch gewöhnliche Abstraktion von den ausgedehnten Körpern entstehe, und durch die Fähigkeit, auch im leeren Raum eine Richtung bestimmen zu können, uns begreiflich werde, doch unwiderlegt. Ebenso ist sein Resumé, daß man von der Zeit, auch wenn sich nichts darin ereigne, durch die Dauer eine Vorstellung gewinnen könne, beachtenswert. — Endlich stellte die Akademie der Wissenschaften für 1748 eine Preisfrage über die Monaden und Euler kritisierte 25 der eingelaufenen Arbeiten (Op. posth.) und setzte es durch, daß die Arbeit Justis gekrönt wurde, weil sie die Unhaltbarkeit der Monadenlehre am besten nachweise. In dieser Frage war Euler in voller Übereinstimmung mit dem seit 1746 tätigen Präsidenten der Akademie Maupertuis, mit welchem ihn auch die Abneigung gegen die in Berlin durch Voltaires und des Königs Einfluß fortschreitende Herrschaft der französischen „Freigeister" verband. Er trat dieser Richtung in der Schrift: Stellung der Offenbarung gegen die Einwürfe der Freigeister (1747) entgegen, die so selten ist, daß Hagen in seinem Index (1896) erklärt, sie sei nirgend gefunden, aber Hagenbach hat dieselbe 1851 in seinem Baseler Programm von neuem herausgegeben, und diese Ausgabe findet sich in vielen Bibliotheken.

Die Herleitung der mechanischen Kräfte aus dem Trägheitsprinzip hatte Euler wieder vor die Frage gestellt, wie es sich mit der Gravitation verhalte, die ihn schon bei seiner Mechanik beschäftigt hat. Er kann sich keine unvermittelte Fernwirkung vorstellen, denn omnem sensationem (auch die Licht- und Schallempfindung) fieri per contactum tam ratio quam experientia ita dilucide docet. (Nova theoria lucis et colorum). Darum bemüht er sich, die Gravitation mechanisch zu erklären. Da sie im Weltenraum wirksam ist, muß der Äther die Rolle der Vermittlung übernehmen, folglich muß er als widerstehendes Medium die Bewegungen der Himmelskörper hemmen. Diese Frage behandelt er zuerst in der Arbeit: de relaxatione motus planetarum. Aus seinen gleich zu besprechenden Untersuchungen über das Licht hat Euler entnommen, daß, wenn m die Zahl bedeutet, um wieviel die Luft dichter ist als der Äther und n die Zahl, um wieviel der Äther elastischer ist als die Luft, $m \cdot n = 387\,467$ Millionen sein müsse. Daraus berechnet er, daß der Äther etwa die Dichtigkeit $2{,}5.10^{-9}$ habe. Bei dieser Dichte würde sich für die Umlaufszeit der Erde erst nach 2720 Jahren eine Verzögerung von 1 Sekunde ergeben und eine Verminderung der Exzentrizität um $^1/_{244}$ Bogensekunde. Dagegen würde für Kometen bei der großen Exzentrizität eine erheblichere Störung sich ergeben. Aber wie kann der Äther nun die Gravitation erklären? Es kann nur durch Druck oder durch Stoß geschehen, da letzterer nicht vorhanden ist, so muß es Druck sein. Dieser aber kann nur zustande kommen, wenn die Dichtigkeit des Äthers nicht konstant ist. Nimmt man an, daß der Äther an der Rotation des Himmelskörpers in der Nähe desselben teilnimmt, so läßt sich daraus die Schwere erklären. Euler rechnet später (Op. posth.) in seiner Anleitung zur Naturlehre diese Verhältnisse wirklich durch und findet daraus das Gesetz, daß die Schwere im umgekehrten Verhältnis des Quadrats der Entfernung stehen müsse, aber er fügt schon hier hinzu, daß sich

für den im Gleichgewicht befindenden Äther eine Dichte ergeben würde, die mit den Beobachtungen nicht stimme, darum sei das Problem nur zu lösen, wenn man die Dichte des Äthers variabel annehme. Ich habe dies hier so ausführlich besprochen, weil Rosenberger in seiner Geschichte der Physik die Sache nicht richtig dargestellt hat und nur einen Teil der Eulerschen Arbeiten über diesen Gegenstand benutzt. — Von Interesse ist auch, daß Euler im Zusammenhang mit dieser Frage zu der Überzeugung kommt (Recherch. s. la nature des moindres part. d. l. mat. 1746), daß die verschiedene Dichte der Körper aus der verschiedenen Zahl der im übrigen gleich dichten Moleküle besteht: l'or est plus pésant que les autres corps, parce qu'il renferme sous le même volume une plus grande quantité de molécules. Wo natürlich Molekül nicht im Sinne der Molekularhypothese gemeint ist, sondern etwa im Sinne der Elektronentheorie als einheitliche Bausteine aller Materie.

Von besonderem Wert ist aus dieser Periode der Eulerschen Wirksamkeit noch eine Arbeit, die bisher noch keine rechte Würdigung gefunden hat. Das ist die Lösung der Pariser Preisaufgabe von 1744 über den Magnetismus. Freilich nicht durch die Art, wie Euler den Magnetismus erklärt aus dem Verhältnis des Äthers zu den Molekülen des Eisens, ist sie bedeutend, obwohl auch hier Rosenbergers Urteil nicht richtig ist, denn Eulers Auffassung ist wesentlich verschieden von den Descartesschen Tourbillons, sondern durch die Art der Behandlung. Euler ist nämlich der erste, welcher die Kraftlinien zur Erklärung der Wirkung der Magnete aufeinander und auf weiches Eisen ausschließlich gebraucht. Und eine ganze Reihe seiner Figuren der Kraftfelder könnten direkt in Faradays Darstellung eingefügt werden. Diese Kraftlinien sind die vortices, von denen er spricht. Diese Kraftlinien können durch geeignete Wahl des Magneten und des Ankers ganz in das Eisen gezwungen werden, können parallel gemacht werden und so kann man die magnetische Kraft konzentrieren. Es fehlt nur der Begriff „magnetisches Feld", sonst wäre dieser Teil der Arbeit (1751 in den Opuscula. III) vollständig modern.

Noch bedeutsamer als diese Arbeiten ist Eulers Beschäftigung mit der Lehre von dem Licht, die ebenfalls in dieser ersten Berliner Periode anhebt und bis zum Tode Eulers dauert. Freilich ist allgemein bekannt, daß Euler Anhänger der Undulationstheorie gewesen sei, aber wie Heller in seiner Geschichte der Physik dazu kommt, zu erklären, Eulers Parteinahme für diese Theorie sei unwirksam gewesen, weil er nur kritisiert habe, ist mir gänzlich unverständlich. Schon in der ersten Arbeit: Nova theoria lucis et colorum spielt die Kritik nur in den ersten 2—3 Seiten eine Rolle, dann ist die Arbeit durchaus positiv und enthält eine vortreffliche analytische Entwicklung sehr zum Vorteil vor Huygens Ableitung. Euler ist auch der erste, der hier richtig das Verhältnis der Geschwindigkeiten mit dem Brechungsverhältnis in Verbindung bringt (1746) und der die verschiedenen Farben aus den Schwingungszahlen erklärt. (Heller sagt aus der Dauer!) Ergänzt wird diese Arbeit durch die 1750 erschienene: Conjectura physica de propag. soni ac luminis und durch 9 Arbeiten über die Theorie der Brechung für die verschiedenen Strahlen, über atmosphärische Strahlenbrechung, über Absorption und Reflexion, über die Farben dünner Blättchen etc. von 1753—77 in den Akademieberichten von Berlin und Petersburg und endlich durch die Théorie générale de la dioptrique, welche erst in den Op. posth. herausgegeben ist, und die ebenfalls nachgelassene Arbeit: Sept chapitres d'un ouvrage de dioptrique, welche nicht vollendet ist, sondern nur den allgemeinen Teil bietet. Die Art, wie Euler in diesen Arbeiten die Dispersion durch Variationsrechnung behandelt, ist geradezu klassisch und scheint bisher nicht ausreichend beachtet zu sein. Er hat in der Tat einen großen Teil der Ableitungen, die heute unter dem Namen Herschels, Cauchys, Fresnels in den Lehrbüchern erscheinen, vollständig bewältigt. Dahin gehört z. B. auch seine Behandlung der sphärischen Aberration (Euler nennt es confusion) und der chromatischen Fehler. Freilich in unsern Lehrbüchern der Optik findet man Eulers Namen nicht sehr häufig; liegt das wohl daran, daß Wildes Geschichte der Optik leider unvollendet geblieben ist? Ich vermute es fast, da auch die Resultate Eulers, welche sich auf die Lichtstärke und Beleuchtungsstärke beziehen, durchweg Lambert zugeschrieben werden, die auch in Lamberts Photometrie stehen, die aber nur zum Teil seine Originalarbeiten sind. Bekanntlich hatte Wilde den Plan, Euler an die Spitze des 3. Bandes seiner Geschichte zu stellen, leider ist dieser 3. Band aber nie geschrieben, wenigstens nicht erschienen. Dagegen hat er Lamberts Photometrie in den Newton-Band mit aufgenommen!

Wie sehr Euler in der ganzen Lehre vom Licht Original war, geht daraus hervor, daß er immer nur von seiner Theorie spricht, im Gegensatz zu der Newtons. Die Undulationstheorie führt er richtig auf Descartes zurück, aber in seinen theoretischen Untersuchungen erwähnt er Huygens gar nicht. Er hat die Arbeit dieses Gelehrten aber gekannt, er erwähnt ihn, soviel ich sehe, 3 mal bei den Berechnungen der Fernrohre. Wie erklärt sich

das? Euler war sonst so durchaus gerecht, so daß er selbst Gelehrte, die ihm unrecht getan hatten, wie z. B. Robins und d'Alembert in ihren Leistungen stets respektiert. Es erklärt sich, wenn wir die Eulersche Ableitung mit der von Huygens vergleichen. Bei Euler wird alles analytisch abgeleitet. Er sucht die Differentialgleichung aufzustellen und dann verfährt er rein mathematisch. Huygens dagegen leitet alles aus seinem Prinzip der Wellenfortpflanzung synthetisch ab, und so hatte Euler, da er das Prinzip nicht voraussetzte, ein Recht, von seiner Theorie des Lichtes zu sprechen, sie war in der Tat ganz neu und ist erst wieder am Anfang des 19. Jahrhunderts von den Franzosen aufgenommen.

Auch ist Euler nicht unwirksam gewesen! Er hat sich nicht damit begnügt, mathematisch die Theorie auszubauen, sondern er macht die praktischen Anwendungen überall und hat zur Berechnung optischer Instrumente nicht weniger als 35 einzelne Arbeiten und das dreibändige Werk: Dioptrica 1769—71 erscheinen lassen, dessen erster Teil die allgemeine Behandlung des Durchganges der Lichtstrahlen durch zentrierte brechende Flächen beliebiger Zahl behandelt, dessen zweiter den Fernrohren, dessen dritter den Mikroskopen gewidmet ist. Besonders die beiden Arbeiten aus den Berliner Memoiren 1766 enthalten die vollständige Theorie und Berechnung aplanatischer und achromatischer Objektivgläser und Fernrohre. Diese Arbeiten haben eine interessante Vorgeschichte. Schon 1747 hatte Euler die Bemerkung gemacht, daß das menschliche Auge ein Beispiel sei, wie entgegen der Newtonschen Meinung, daß Achromasie nur durch gleichzeitige Aufhebung der Brechung erreichbar sei, trotz voller Brechung reine Bilder erzeugt werden könnten. Diesem Gedanken gab er eine präzise Fassung in dem Briefe an Dollond (Phil. Trans. 1753, I), worin er ein Objektiv mit Glas und einer entsprechenden Flüssigkeit vorschlug, deren Brechung und Zerstreuung berechnet sei. Daraufhin versuchte Dollond verschiedene Gläser, da er die Flüssigkeit aus technischen Gründen ablehnte, und so fand er ein Crownglas, welches ihm mit dem Flintglas zusammen zunächst Prismen gab, die den gewünschten Erfolg hatten. Dann konstruierte er die achromatischen Objektive. Die ganze Theorie dieser Einrichtung lieferte aber Euler. Auch darauf mag aufmerksam gemacht werden, daß Euler meines Wissens der erste ist, der das Sehen der 3. Dimension richtig auffaßt, was erst durch Listing vollständig erklärt ist. Ebenso ist er der erste, der erklärt, die Undulationstheorie fordere, daß man die Frage erörtere, auf welche Weise die Energie der Sonne ersetzt werde, die sie fortgesetzt durch die Schwingungserregung verliere. Freilich bekennt er, keine Antwort geben zu können, aber daß er die Frage stellt, ist schon ein großes Verdienst, denn sie ist ein Beweis, daß er das Gesetz der Erhaltung der Energie auch auf das Licht ausdehnt, was vor ihm und fast 100 Jahre nach ihm keiner getan hatte.

Die intensive Beschäftigung mit der Optik, speziell der Dioptrik, hatte noch einen andern praktischen Grund, das war das Interesse, welches Euler an den astronomischen Beobachtungen nahm, speziell an der Bewegung des Mondes. Schon 1739 hatte er angefangen, auf die Folgen der Lichtgeschwindigkeit für die kosmischen Beobachtungen aufmerksam zu machen. 1746 nahm er diese Untersuchung wieder auf und wurde dazu geführt, den wahren Mondort aus der Beobachtung bei verschiedenen Höhen zu finden. Die Untersuchungen fanden ihren Abschluß in einer Theorie der Mondbewegung (1753 und 72) und neuen Mondtafeln (72). Die Methoden, welche Euler hier anwandte, waren die Grundlage für die Berechnungen Tob. Mayers für seine Mondtafeln, wofür ihm die Kommission des englischen Parlaments den Preis für die beste Methode, die Länge auf See zu bestimmen, zuerkannte. Bei dieser Gelegenheit beschloß aber das Parlament, auch Euler eine Anerkennung zu bewilligen für die Vorarbeiten zu diesen Tafeln und übersandte ihm 300 Pfund (1765). Auch mit diesen Fragen hat sich Euler bis an seinen Tod beschäftigt und besonders der Theorie der Parallaxen seine Aufmerksamkeit zugewendet, was besonders bei dem Venusdurchgang 1769 Euler veranlaßte, der Regierung mehrere Expeditionen vorzuschlagen, um durch genaue Beobachtungen die Sonnenparallaxe zu bestimmen. Sein Bestreben war überhaupt stets darauf gerichtet, die Ergebnisse seiner Untersuchungen, so sehr diese auch streng theoretisch waren, für die Menschheit nutzbar zu machen. So verschmähte er es nicht, ein Lehrbuch für den Bau und die Führung der Seeschiffe zu schreiben (1749 und 1773). Dies letztere wurde in Frankreich offiziell an allen Seeschulen eingeführt und der König ließ ihm durch seinen Marineminister mit einem überaus schmeichelhaften Schreiben 1000 Rubel dafür als Geschenk übersenden, während die russische Übersetzung des Buches von Katharina II. mit einem Geschenk von 2000 Rubel beantwortet wurde. Weniger freigebig zeigte sich Friedrich der Große, der Eulers Fernrohre, welche er ihm 1759 sandte, mit einem freundlichen Dankschreiben beantwortete und auch sonst seine Dienste gern in Anspruch nahm. Bei einer dieser Gelegenheiten zeigte sich recht drastisch die vornehme Art Eulers. Der König forderte ihn 1744 auf, ihm das beste Werk über Artillerie zu empfehlen und Euler empfahl das

Werk von Robins, der wenige Jahre früher die Mechanik Eulers sehr wenig gerecht beurteilt hatte. Euler übersetzte dies Werk (45) und versah es mit Zusätzen, in diesen Zusätzen wurde zum ersten Male eine genaue Theorie der Wurfbewegung gegeben mit Berücksichtigung der Luftreibung. Auch diese Arbeit Eulers fand durch ganz Europa Verbreitung und mehrfache Übersetzungen. Von größtem Erfolge waren die Briefe an eine deutsche Prinzessin (die älteste Tochter des Markgrafen von Brandenburg), welche eine philosophische und naturwissenschaftliche Belehrung in populärer Form bieten. Aus diesen pflegen viele zu schöpfen, welche über Eulers naturwissenschaftliche Ansichten sprechen wollen, aber so hoch dieselben auch über der gewöhnlichen populärwissenschaftlichen Literatur des 18. Jahrhunderts stehen, ist das doch nicht angängig, da Euler hier sorgfältig vermeidet, die Schwierigkeiten zu besprechen, denen er in seinen wissenschaftlichen Arbeiten so unerschrocken begegnet. Die Briefe sind von Berlin nach Magdeburg gerichtet (nicht, wie Heller schreibt, von Petersburg nach Berlin) und stammen aus den Jahren 1761—62, aber die erste Buchausgabe ist 1768 in Petersburg erschienen. Dieser ersten Ausgabe folgten eine ganze Reihe französischer in Bern, Genf etc. und mehrere deutsche 1771, 1773 etc. Sie geben für die Beurteilung des Charakters von Euler ein beachtenswertes Material und enthalten eine Fülle vortrefflicher philosophischer Gedanken, aber sie lassen auch schon erkennen, daß Euler sich in Berlin nicht recht wohl fühlte. In der Tat war gar manches, was ihn verstimmen mußte. Als 1746 die Akademie unter Maupertuis neu geordnet war, hatte Euler die Freude, mit dem Präsidenten in vollständiger Übereinstimmung der Weltanschauung und des wissenschaftlichen Strebens zu sein. Als Maupertuis 1756 Berlin wegen seiner zerrütteten Gesundheit verließ, ersetzte Euler ihn stillschweigend in der Leitung der Akademie und nach dem Tode dieses Gelehrten (1759) war wegen des Krieges keine Änderung beliebt. Alles sehnte sich nach Beendigung des Krieges, besonders auch die Akademiker; Maupertuis' Abreise hatte der König keine vorgeschlagene Ernennung genehmigt, nur auswärtige Mitglieder waren ernannt. Als nun der Krieg beendigt war, erwarteten die Akademiker die Ernennung eines neuen Präsidenten und da war natürlich, daß ein Mann wie Euler in erster Linie hätte in Frage kommen müssen. Allein der König hatte nur Anerkennung für Franzosen und so war sein Augenmerk allein dorthin gerichtet, er wünschte d'Alembert zu gewinnen, denn der war von Voltaire empfohlen, Redakteur der Enzyklopädie, also Freigeist! Daß Euler diese Lage unbequem war, spricht er selbst in einem Briefe an Goldbach schon 1763 aus und das ist wohl verständlich, wenn man d'Alemberts und Eulers Leistungen miteinander vergleicht. Freilich kam d'Alembert nicht, trotz der 12000 Taler Gehalt, welche ihm der König bot (gegenüber 1600 für Euler), aber er wurde der abwesende Präsident und regierte durch den König, welcher sich hinfort das Recht der Ernennung ohne Vorschlag der Akademie vorbehielt (1764). So war Euler genötigt, wenn er etwas durchsetzen wollte, sich an d'Alembert zu wenden, oder die Fürsprache eines de Catt zu erbitten. Es scheint, daß Euler niemals gewürdigt wurde, vom Könige empfangen zu werden, nur brieflich und auch dabei recht kurz verkehrte der König bisweilen mit ihm, aber nicht in dem herzlichen und freundlichen Tone, den er den Franzosen gegenüber anschlug. Man hat für dies auffallende Verhalten die Abneigung des Königs gegen die Mathematik geltend gemacht, allein d'Alembert und Lagrange waren doch auch Mathematiker. Der Grund scheint nur in der gänzlich anderen Weltanschauung zu liegen, welche Euler von dem Könige trennte und die zu verbergen Euler nicht für gut hielt. Er war kein Schmeichler! Seitdem nun auch in der Geschäftsführung Eulers für die Akademie durch die Eingriffe des Königs (1764) unangenehme Schwierigkeiten entstanden, war sein Entschluß gefaßt, der Rückberufung nach Petersburg Folge zu leisten. Doch erst 1766 erlangte Euler für sich und seine beiden ältesten Söhne die Erlaubnis, abreisen zu dürfen, während sein jüngster Sohn, der Obristleutnant bei der Artillerie war, erst durch Vermittlung von Katharina die Erlaubnis zur Rückkehr nach Rußland erhielt. Dort wurde er glänzend gestellt, außer einem festen Jahresgehalt von 3000 Rubel schenkte die Kaiserin ihm 8000 Rubel, damit er sich ein Haus kaufen könne, und als dies 1771 abbrannte, schenkte die Kaiserin von neuem 6000 Rubel. Bei dieser Übersiedlung nach Petersburg hatte Euler das Unglück, seine sämtlichen Manuskripte durch den Untergang des Schiffes, welches seine Sachen nach Petersburg bringen sollte, zu verlieren. Friedrich berichtete mit unverhohlener Schadenfreude diesen Verlust an d'Alembert! Schlimmer als der Verlust der Papiere war für Euler die Starerkrankung, welche ihm 1767 auch das linke Auge raubte, nachdem er das rechte schon 1738 infolge einer schweren Entzündung verloren hatte, die er sich durch Überanstrengung bei Berechnung der Tabellen für die Ortsbestimmung zuzog. Für kurze Zeit gewann er die Sehkraft des linken Auges durch eine Operation wieder, aber schon einige Monate nachher ging das Auge durch eine Entzündung gänzlich verloren. Trotzdem setzte Euler seine

Untersuchungen fort und führte die schwierigsten Rechnungen, z. B. in seiner 1772 von der Pariser Akademie gekrönten Preisschrift über eine neue Methode, die Mondbahn zu berechnen, ohne Fehler durch. In diesen Zeitabschnitt fallen die überaus zahlreichen Arbeiten Eulers über spezielle Probleme der Mechanik: die Arbeiten über Druck- und Biegungsfestigkeit, über Pendelschwingungen, über die Tautochrone und Brachystochrone, über das Drei-Körperproblem, über Hydrodynamik und Aeromechanik und viele andere Entwicklungen, die schon für einen mit Sehkraft ausgerüsteten Gelehrten zu den schwierigsten Problemen gehören würden. Euler behandelte dies alles ohne irgendwelche sinnlichen Hilfsmittel, allein auf sein Gedächtnis angewiesen. Er hatte sich zu dem Zwecke eine eigenartige Arbeitsmethode zurechtgelegt. Sein Arbeitstisch bestand aus einer großen Schiefertafel, darauf schrieb er die Gleichungen in ihren Hauptergebnissen auf und wenn die Tafel vollgeschrieben war, wurde sie von einem seiner jüngeren Gehilfen kopiert, der verbindende Text und die Zwischenrechnungen eingefügt und dann ihm vorgelesen. Zunächst hatte sein ältester Sohn und die Akademiker Krafft und Lexell diese Hilfe geleistet, von 1773 an war jedoch für ihn in der Person des Schweizers N. Fusz dauernd ein Sekretär angestellt. Aber trotz dieser Hilfskräfte konnte nur ein Euler solche Arbeit leisten. Sein Gedächtnis war so großartig, daß er in einer schlaflosen Nacht die 6 ersten Potenzen aller Zahlen bis 20 ausrechnete und noch mehrere Tage nachher alle Resultate ohne Anstoß hersagen konnte. Und dies Gedächtnis war nicht ein einseitiges Zahlengedächtnis, er sagte fließend die ganze Äneis her und konnte von jeder Seite seiner Ausgabe das erste und letzte Wort anführen. Darum hatte er ein universelles Wissen, wie wohl selten ein Mensch es gehabt hat.

Seine Erholung fand er in der Musik und der Unterhaltung mit seinen Enkeln, von denen 26 den Großvater überlebten, und Freunden, welche in seinem Hause gern gesehene Gäste waren. Schmerzlos verschied er am Abend des 7. (18.) September 1783 infolge eines Schlaganfalls und fand seine Ruhestätte auf dem Friedhof von Smolenskoje in Petersburg. Sein Grab war zu Anfang des 19. Jahrhunderts in Vergessenheit geraten und konnte lange Zeit nicht gefunden werden, bis der Sohn jenes N. Fusz im Jahre 1833 das Grab wieder entdeckte. Nun errichtete die Akademie auf demselben einen Denkstein aus finländischem Granit mit der Inschrift: Leonhardo Eulero Academia Petropolitana. Auch dadurch hat die Petersburger Akademie dem Andenken dieses großen Mannes ihre Ehrfurcht bezeugt, daß sie 1843 den Briefwechsel Eulers mit Goldbach und D. Bernoulli herausgeben ließ und 1849 und 1862 eine Sammlung Eulerscher Arbeiten aus seinem Nachlaß in je 2 starken Bänden herausgab. Aber noch heute muß die wissenschaftliche Welt eine Gesamtausgabe seiner Werke entbehren. Ein fast vollständiges Verzeichnis der Werke Eulers hat Hagen 1896 herausgegeben, aber seine Hoffnung, einen amerikanischen Krösus dadurch zu begeistern, eine Gesamtausgabe der Werke Eulers zu veranstalten, scheint nicht erfüllt zu sein. Aber es wäre doch wohl auch zu bedauern, wenn es erst solcher Quellen bedürfte, um die in Eulers Arbeiten vorhandenen Werte allgemeiner zugänglich zu machen. Freilich schätzt man den Umfang einer solchen Arbeit auf 2000 Bogen, aber sollten in einer Zeit internationaler Verbindungen nicht die gemeinsamen Kräfte von Berlin und Petersburg ausreichen, diese Dankespflicht zu erfüllen? Es wäre das würdigste Denkmal, welches die Akademien ihrem bedeutendsten Mitgliede im Laufe des 18. Jahrhunderts errichten könnten und ein Dienst für die wissenschaftliche Forschung der Jetztzeit; denn Eulers Arbeiten haben dauernden Wert.

(Eingegangen 22. März 1907.)

Über die Zerlegung von Spektrallinien im magnetischen Felde.

Von C. Runge.

Als P. Zeeman die Zerlegung der Spektrallinien im magnetischen Felde entdeckte, haben er und H. A. Lorentz darauf hingewiesen, daß man aus der Größe der Zerlegung das Verhältnis e/m von Ladung und Trägheit des Elektrons berechnen könne. Für die normale Aufspaltung in drei Komponenten hat sich das auch bestätigt. Wenn Δn die Änderung der Schwingungszahl (d. h. die Zahl der Schwingungen in der Zeiteinheit), die das magnetische Feld bewirkt und H die Feldstärke bedeutet, so ist

$$e/m = \frac{4\pi \Delta n}{H}.$$

Aus den normalen Zerlegungen der Quecksilberlinien ergibt sich z. B. nach den Messungen von Paschen und Runge

$$e/m = 1{,}69 \cdot 10^7 \ (\mathrm{cm}^{1/2}\mathrm{g}^{-1/2}).^1)$$

Bei den komplizierteren Zerlegungen hat man keine Formel, die die Abstände der Komponenten mit dem Wert von e/m in Zusammen-

1) In Kaysers Handbuch der Spectroscopie, Bd. II, S. 669, habe ich $1{,}6 \cdot 10^7$ angegeben. Hier ist aber die Feldstärke gleich 24600 Gauß angenommen, die sich später durch die Messungen von Färber zu 23850 herausgestellt hat.

hang bringt. Dennoch ist, wie Paschen und Runge bemerkt haben, ein Zusammenhang vorhanden. So zeigen sie, daß bei den Linien der zweiten Tripletnebenserie im Spektrum von *Mg, Ca, Sr, Zn, Cd, Hg* die Abstände der Komponenten in der Skala der Schwingungszahlen von der Mitte aus gleich $a/2$, $2a/2$, $3a/2$, $4a/2$ sind, wenn a die Änderung der Schwingungszahl bedeutet, die das magnetische Feld bei normaler Zerlegung hervorruft $\left(a = e/m \cdot \frac{H}{4\pi}\right)$.[1]) Bei den Linien vom Typus der *D*-Linien sind die Abstände für D_1 gleich $2a/3$, $4a/3$ und für D_2 gleich $a/3$, $3a/3$, $5a/3$.[2])

Kürzlich hat W. Lohmann für einige Linien des Neonspektrums die Zerlegung im magnetischen Felde mit dem Stufengitter gemessen[3]) und dabei eine Anzahl von sehr komplizierten Zerlegungen gefunden. Es ist interessant, sich zu überzeugen, daß auch hier die Abstände der Komponenten jedesmal Vielfache eines aliquoten Teils des Abstandes sind, der bei normaler Zerlegung hervorgerufen wird.

Die folgende Tabelle gibt in der ersten Kolonne die Wellenlängen der untersuchten Linien, in der zweiten die Größe $\frac{\Delta\lambda}{\lambda^2} \cdot \frac{10^5}{H}$[4]) d. i. die Änderung von $1/\lambda$ auf ein magnetisches Feld von 10^5 Gauß umgerechnet. Mit der Lichtgeschwindigkeit multipliziert, würde diese Größe die Änderung der Schwingungszahl im magnetischen Felde von 10^5 Gauß darstellen. Die dritte Kolonne stellt die Beträge für jede Zerlegung als Vielfache einer Größe dar. Diese Größen sind vorläufig mit $x_1, x_2 \ldots\ldots x_{14}$ bezeichnet. Ihr Zusammenhang mit der normalen Änderung der Schwingungszahl wird später untersucht. Die hinzugefügten Buchstaben *p* und *s* bedeuten, daß für die betreffende Komponente die elektrischen Schwingungen parallel oder senkrecht zu den Kraftlinien vor sich gehen.

Es könnte der Einwand erhoben werden, daß bei jeder beliebigen Zerlegung die Abstände immer genähert als Vielfache einer Größe dargestellt werden können mit einer Genauigkeit, die jeden beliebigen Grad erreichen kann, wenn man nur hinreichend große

Wellenlänge i. Angströmschen Einheiten	$\frac{\Delta\lambda}{\lambda^2} \frac{10^5}{H}$	Vielfache der Größen x	Bemerkungen
6678	± 7,01 *s* 5,82[1]) *s* 4,63[1]) *s* 1,19 *p* 0,00 *p*	$6x_1 = 6{,}990$ $5x_1 = 5{,}825$ $4x_1 = 4{,}660$ $x_1 = 1{,}165$	Die Größen x sind so berechnet, daß ihre Vielfachen sich so gut wie möglich (im Sinne der Methode der kleinsten Quadrate) an die beobachteten Werte anschließen.
6599,16	± 6,10 *s* 4,73 *s* 1,37 *p*	$9x_2 = 6{,}093$ $7x_2 = 4{,}739$ $2x_2 = 1{,}354$ $x_2 = 0{,}677$	
6506,7	± 6,65[2]) *s* 5,09 *s* 3,53 *s* 1,56 *p* 0,00 *p*	$17x_3 = 6{,}647$ $13x_3 = 5{,}083$ $9x_3 = 3{,}519$ $4x_3 = 1{,}564$ $x_3 = 0{,}391$	
6402,40	± 7,65 *s* 6,88 *s* 6,11 *s* 5,34 *s* 4,57 *s* 1,54 *p* 0,78 *p* 0,00 *p*	$10x_4 = 7{,}640$ $9x_4 = 6{,}876$ $8x_4 = 6{,}112$ $7x_4 = 5{,}348$ $6x_4 = 4{,}584$ $2x_4 = 1{,}528$ $x_4 = 0{,}764$	
6383,15	± 6,63 *s* 3,38 *p*, *s*	$2x_4 = 6{,}66$ $x_5 = 3{,}33$	
6335,0	± 8,45 *s* 6,77 *s* 5,09 *s* 3,41 *s* 3,36 *p* 1,58 *p*	$5x_6 = 8{,}45$ $4x_6 = 6{,}76$ $3x_6 = 5{,}07$ $2x_6 = 3{,}38$ $2x_6 = 3{,}38$ $x_6 = 1{,}69$	
6304,99	± 6,67 *s* 5,58 *s* 4,48 *s* 1,10 *p* 0,00 *p*	$6x_7 = 6{,}690$ $5x_7 = 5{,}575$ $4x_7 = 4{,}460$ $x_7 = 1{,}115$	
6217,50	± 10,95 *s* 7,04 *s* 3,13 *s* 3,90 *p* 0,00 *p*	$14x_8 = 10{,}948$ $9x_8 = 7{,}038$ $4x_8 = 3{,}128$ $5x_8 = 3{,}910$ $x_8 = 0{,}782$	Diese Zerlegung hat W. Lohmann auch in Richtung der Kraftlinien beobachtet und findet ± 11,11, ± 7,16, ± 3,21. Ich führe dies an, weil es zur Beurteilung der erreichten Genauigkeit von Wert ist.
6143,28	± 8,15 *s* 6,91 *s* 5,66 *s* 4,41 *s* 2,45 *p* 1,17 *p*	$20x_9 = 8{,}120$ $17x_9 = 6{,}902$ $14x_9 = 5{,}684$ $11x_9 = 4{,}466$ $6x_9 = 2{,}436$ $3x_9 = 1{,}218$ $x_9 = 0{,}406$	

1) Ich verdanke Herrn W. Lohmann die Mitteilung, daß es hier ± 5,82 und ± 4,63 heißen muß, statt 6,82 und 5,63, wie in seiner Dissertation versehentlich gedruckt ist. Auch einige andere Versehen hatte er die Güte mir anzugeben.

2) In der Dissertation steht versehentlich ± 8,65 statt ± 6,65.

1) Paschen und Runge, Über die Strahlung des Quecksilbers im magnetischen Felde. Abhandlungen der Berliner Akademie 1902.

2) Paschen und Runge, Sitzungsberichte der Berliner Akademie XXXII, S. 723, 1902.

3) W. Lohmann, Beiträge zur Kenntnis des Zeeman-Phänomens, Inauguraldissertation. Halle 1907.

4) Ich habe $\frac{\Delta\lambda}{\lambda^2} \cdot \frac{10^5}{H}$ geschrieben, wo bei Lohmann $\frac{\Delta\lambda}{\lambda^2} \frac{10^{13}}{H}$ steht, weil ich mir die Wellenlänge in cm ausgedrückt denke, wenn H in Gauß gemessen wird. Lohmann nimmt dagegen die Wellenlänge in Ångströmschen Einheiten an.

Wellenlänge i. Angströmschen Einheiten	$\frac{\Delta\lambda\ 10^5}{\lambda^2\ H}$	Vielfache der Größen x	Bemerkungen
6096,37	$\pm$ 6,41 s 5,54 s 4,68 s 0,86 p 0,00 p	$15x_{10} = 6{,}405$ $13x_{10} = 5{,}551$ $11x_{10} = 4{,}697$ $2x_{10} = 0{,}854$ $x_{10} = 0{,}427$	
6030,20	$\pm$ 3,10 s 2,42 s 0,68 p	$9x_{11} = 3{,}105$ $7x_{11} = 2{,}415$ $2x_{11} = 0{,}690$ $x_{11} = 0{,}345$	
5975,78	$\pm$ 9,34 s 7,00 s 4,67 s 2,34 p 0,00 p	$4x_{12} = 9{,}340$ $3x_{12} = 7{,}005$ $2x_{12} = 4{,}670$ $x_{12} = 2{,}335$	
5944,91	$\pm$ 7,58 s 6,58 s 5,58 s 4,58 s 1,83 p 0,83 p	$8x_{13} = 7{,}488$ $7x_{13} = 6{,}552$ $6x_{13} = 5{,}616$ $5x_{13} = 4{,}680$ $2x_{13} = 1{,}872$ $x_{13} = 0{,}936$	W. Lohmann gibt an, daß die Linie schwer zu photographieren ist. Dadurch erklären sich vielleicht die größeren Abweichungen.
5882,04	$\pm$ 7,92 s 7,14 s 6,38 s 0,77 p 0,00 p	$21x_{14} = 7{,}896$ $19x_{14} = 7{,}144$ $17x_{14} = 6{,}392$ $2x_{14} = 0{,}752$ $x_{14} = 0{,}376$	In der Dissertation steht versehentlich 4,67 statt 7,92 4,23 „ 7,14 3,78 „ 6,38 0,45 „ 0,77

Vielfache einer entsprechend kleinen Größe zuläßt. In der Tat kommt es nicht auf die erreichte Genauigkeit selbst an, sondern auf die Genauigkeit im Verhältnis zu dem größten Vielfachen. Betrachten wir z. B. die Abstände bei der Zerlegung von 6678

$$1{,}19;\ 4{,}63;\ 5{,}82;\ 7{,}01.$$

Dividiert man durch den größten Abstand, so erhält man die drei Werte

$$\frac{1{,}19}{7{,}01} = 0{,}1697 \qquad \frac{4{,}63}{7{,}01} = 0{,}6606 \qquad \frac{5{,}82}{7{,}01} = 0{,}8303.$$

Diese drei Werte sollen durch echte Brüche mit demselben Nenner approximiert werden. Läßt man einen hinreichend großen Nenner zu, so kann man die Genauigkeit beliebig weit treiben. Die durchschnittliche Genauigkeit, die man bei n beliebig gegebenen Größen erreichen kann, hängt von der Größe des Nenners und von der Zahl n der darzustellenden Werte ab. In unserem Falle finden wir die drei Näherungen

$$\frac{1}{6} = 0{,}1667, \qquad \frac{4}{6} = 0{,}6667, \qquad \frac{5}{6} = 0{,}8333.$$

Die Abweichungen sind

$$\frac{1{,}19}{7{,}01} - \frac{1}{6} = 0{,}0030; \quad \frac{4{,}63}{7{,}01} - \frac{4}{6} = -0{,}0061;$$

$$\frac{5{,}82}{7{,}01} - \frac{5}{6} = -0{,}0030.$$

Es kommt nun darauf an, sich zu überzeugen, daß dies für die Größe des Nenners eine ungewöhnlich gute Übereinstimmung ist.

Man kann n beliebig gegebene Größen durch n-Brüche mit dem Nenner N offenbar immer so annähern, daß keine der Abweichungen, absolut genommen, größer ist als $\frac{1}{2N}$. Im Durchschnitt ist die Abweichung natürlich kleiner. Es läßt sich berechnen, daß das Quadrat der Abweichung im Durchschnitt den Wert $\frac{1}{3}\left(\frac{1}{2N}\right)^2$ besitzt[1]), die „mittlere" Abweichung also (im Sinne des „mittleren Fehlers" der Methode der kleinsten Quadrate) gleich $\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2N}$ ist. Wenn man außer dem Nenner N auch noch alle kleineren zuläßt, so wird die mittlere Abweichung noch weiter erniedrigt. Denn zu den alten Chancen, gute Annäherungen zu finden, treten neue hinzu, so daß die mittlere Abweichung geringer werden muß. Für $n = 1$ und $N = 10$ z. B. ist die mittlere Abweichung 0,029; werden dagegen die Nenner 1 bis 9 auch zugelassen, so wird die mittlere Abweichung auf 0,016 heruntergedrückt. Für größere Werte von n hat die Zulassung der kleineren Nenner einen noch kleineren Einfluß, solange N nicht wesentlich größer genommen wird.[2]) Er ist indessen mühsam zu berechnen und daher wollen wir uns der Einfachheit wegen des Ausdrucks

$$\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2N}$$

bedienen, um die Güte einer Annäherung zu schätzen. In unserem Falle z. B. ist für $N = 6$

$$\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2N} = 0{,}048,$$

während sich die mittlere Abweichung aus den drei beobachteten Werten etwa nur gleich dem elften Teil davon gleich 0,0043 ergibt. Wir schließen daraus, daß die drei Brüche sich den

1) Denn es ist

$$\int\int \cdots \int \frac{x_1^2 + x_2^2 + \cdots + x_n^2}{n}\, dx_1\, dx_2 \ldots dx_n = \frac{1}{3}\left(\frac{1}{2N}\right)^2 \cdot \int\int \cdots \int dx_1 dx_2 \ldots dx_n,$$

wenn die Integrale über das Gebiet $x_n = -\frac{1}{2N}$ bis $+\frac{1}{2N}$ erstreckt werden.

2) In der Zahlentheorie wird gezeigt, daß, wenn für den Nenner der Brüche eine obere Grenze T vorgeschrieben wird, immer ein Nenner gefunden werden kann, für den die Abweichungen nicht größer sind als

$$\frac{1}{N\sqrt[n]{T-1+2^n}}.$$

Wenn T nicht größer als 2^n ist, so ist diese Grenze größer als $\frac{1}{N\sqrt[n]{2}}$, also nicht wesentlich kleiner als $\frac{1}{2N}$.

beobachteten Werten viel genauer anschließen, als bei beliebig gegebenen Werten zu erwarten gewesen wäre.

Nicht alle Zerlegungen zeigen die ganzzahligen Verhältnisse gleich deutlich. Aber selbst in dem Falle der Linie 5944,9, wo die größten Abweichungen und in dem Falle der Linien 6143 und 5882, wo die größten Nenner vorkommen, lassen sich die ganzzahligen Verhältnisse erkennen. Diese drei Fälle seien daher ausführlich angegeben.

				Abweichung
	$\frac{0,83}{7,58} = 0,109$	$\frac{1}{8} = 0,125$		0,016
	$\frac{1,83}{7,58} = 0,241$	$\frac{2}{8} = 0,250$		0,009
5944,9	$\frac{4,58}{7,58} = 0,604$	$\frac{5}{8} = 0,625$		0,021
	$\frac{5,58}{7,58} = 0,736$	$\frac{6}{8} = 0,750$		0,014
	$\frac{6,58}{7,58} = 0,868$	$\frac{7}{8} = 0,875$		0,007
	mittlere Abweichung $= 0,014$			
	$\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2N} = 0,036$			
	$\frac{1,17}{8,15} = 0,1435$	$\frac{3}{20} = 0,1500$		0,0065
	$\frac{2,45}{8,15} = 0,3006$	$\frac{6}{20} = 0,3000$		0,0006
6143	$\frac{4,41}{8,15} = 0,5411$	$\frac{11}{20} = 0,5500$		0,0089
	$\frac{5,66}{8,15} = 0,6944$	$\frac{14}{20} = 0,7000$		0,0056
	$\frac{6,91}{8,15} = 0,8478$	$\frac{17}{20} = 0,8500$		0,0022
	mittlere Abweichung $= 0,0054$			
	$\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2N} = 0,0144$			
	$\frac{0,77}{7,92} = 0,0972$	$\frac{2}{21} = 0,0952$		0,0020
5882	$\frac{6,38}{7,92} = 0,8056$	$\frac{17}{21} = 0,8095$		0,0039
	$\frac{7,14}{7,92} = 0,9016$	$\frac{19}{21} = 0,9048$		0,0032
	mittlere Abweichung $= 0,0031$			
	$\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2N} = 0,014$			

Es war von vornherein zu erwarten, daß bei den größeren Nennern wie 20, 21 die Übereinstimmung nicht so schlagend sein würde, weil dabei auch der Anschluß an beliebig gegebene Zahlen ein engerer wird und daher die Beobachtungsfehler eine größere Rolle spielen. Sobald die Abweichungen von beliebig gegebenen Größen kleiner werden, als die Beobachtungsfehler, so läßt sich natürlich gar nichts mehr behaupten. In unseren drei Fällen ist indessen immer noch die beobachtete mittlere Abweichung merklich kleiner als die mittlere Abweichung, die sich bei beliebig gegebenen Größen zeigen würde, so daß auch hier der Schluß auf die ganzzahligen Verhältnisse der beobachteten Linienzerlegungen berechtigt erscheint.

Eine weitere Stütze erhält diese Hypothese durch die Untersuchung der Größen $x_1\, x_2 \cdots x_{14}$, als deren Vielfache die beobachteten Abstände dargestellt worden sind.

Betrachten wir zunächst nur die Größen $x_1\, x_3\, x_4\, x_7\, x_8\, x_9\, x_{12}\, x_{14}$ und dividieren sie durch die größte unter ihnen x_{12}, so lassen sich die Quotienten durch die Brüche $\frac{3}{6}, \frac{1}{6}, \frac{2}{6}, \frac{3}{6}, \frac{2}{6}, \frac{1}{6}, \frac{1}{6}$ in folgender Weise annähern

$$\frac{x_1}{x_{12}} - \frac{3}{6} = \frac{1,165}{2,335} - \frac{3}{6} = -0,0011$$
$$\frac{x_3}{x_{12}} - \frac{1}{6} = \frac{0,391}{2,335} - \frac{1}{6} = 0,0008$$
$$\frac{x_4}{x_{12}} - \frac{2}{6} = \frac{0,764}{2,335} - \frac{2}{6} = -0,0061$$
$$\frac{x_7}{x_{12}} - \frac{3}{6} = \frac{1,115}{2,335} - \frac{3}{6} = -0,0225$$
$$\frac{x_8}{x_{12}} - \frac{2}{6} = \frac{0,782}{2,335} - \frac{2}{6} = 0,0016$$
$$\frac{x_9}{x_{12}} - \frac{1}{6} = \frac{0,406}{2,335} - \frac{1}{6} = 0,0072$$
$$\frac{x_{14}}{x_{12}} - \frac{1}{6} = \frac{0,376}{2,335} - \frac{1}{6} = -0,0056$$

mittlere Abweichung $= 0,0095$

$$\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2N} = 0,048$$

Da die gefundene mittlere Abweichung klein ist gegen die mittlere Abweichung bei beliebig gegebenen Größen, so ist der Schluß berechtigt, daß die Größen $x_1\, x_3\, x_4\, x_7\, x_8\, x_9\, x_{12}\, x_{14}$ sich zueinander wirklich wie die ganzen Zahlen $3:1:2:3:2:1:6:1$ verhalten. Jetzt bestimmen wir die Größe u, als deren Vielfache sie dargestellt werden können, nach der Methode der kleinsten Quadrate aus den Gleichungen

$$x_1 = 3u$$
$$x_3 = u$$
$$x_4 = 2u$$
$$x_7 = 3u$$
$$x_8 = 2u$$

$$x_9 = u$$
$$x_{12} = 6u$$
$$x_{14} = u$$

Es ergibt sich $u = 0{,}386$ (mittlerer Fehler 0,0025).

Alle Größen sind aliquote Teile von $x_{12} = 6u = 2{,}316$ (mittlerer Fehler 0,015). Dieser Betrag stimmt mit der Hälfte des normalen Abstandes gut überein. Denn der normale Abstand a ist nach der Theorie von H. A. Lorentz:

$$a = e/m \cdot \frac{10^5}{4\pi c} \quad (c = \text{Lichtgeschwindigkeit}).$$

Nach Paschen und Runges Bestimmungen ist $e/m = 1{,}69 \cdot 10^7$. Das würde $a = 4{,}48$ ergeben, während $6u = 4{,}63$ (mittlerer Fehler 0,03) als normaler Abstand genommen auf $e/m = 1{,}75 \cdot 10^7$ führen würde.

Nehmen wir $a = 4{,}63$ als normalen Abstand an, so wären mithin die acht Größen $x_1\ x_3\ x_4\ x_7\ x_8\ x_9\ x_{12}\ x_{14}$ die folgenden aliquoten Teile von $a = 4{,}63$

$$x_{12} = a/2;\ x_1 = x_7 = a/4;\ x_4 = x_8 = a/6;$$
$$x_3 = x_9 = x_{14} = a/12.$$

Dies legt die Vermutung nahe, daß auch die übrigen Größen x aliquote Teile von a sein könnten.

Es zeigt sich:

$a/5 = 0{,}926 \quad x_{13} = 0{,}936$
$a/7 = 0{,}661 \quad x_2 = 0{,}677$
$a/11 = 0{,}421 \quad x_{10} = 0{,}427$
$a/13 = 0{,}356 \quad ? \; x_{11} = 0{,}345$
$a/14 = 0{,}331$

Bei der Größe x_{11} kann man zweifelhaft sein, ob sie gleich $a/13$ oder gleich $a/14$ zu setzen ist. Diese kleinen Bruchteile von a kommen einander schon so nahe, daß der Beobachtungsfehler von x_{11} die Größe des halben Intervalls zwischen $a/13$ und $a/14$ erreicht.

Die Größen x_5 und x_6 sind nicht aliquote Teile von a; aber sie stehen zu a in einfachen Verhältnissen

$$a : x_5 : x_6 = 11 : 8 : 4$$
$$8a/11 = 3{,}37 \quad x_5 = 3{,}33$$
$$4a/11 = 1{,}68 \quad x_6 = 1{,}69.$$

Indessen will die Übereinstimmung nicht viel sagen, weil die Verhältnisse $\frac{x_5}{a}$ und $\frac{x_6}{a}$ immer mit dieser Genauigkeit durch einen Bruch mit einem Nenner nicht größer als 11 würden angenähert werden können, was auch ihre Werte wären. Für die Realität der Bruchteile 4/11 und 8/11 spricht jedoch der Umstand, daß auch $a/11$ durch x_{10} vertreten ist. In den Fällen von x_5 und x_6 wären demnach die Abstände Vielfache von x_{10}, die alle durch 4 oder durch 8 teilbar sind.

In der folgenden Tabelle sind $x_1\ x_2 \cdots x_{14}$ noch einmal zusammengestellt und mit den Bruchteilen von a verglichen.

$a = 4{,}63$
$a/2 = 2{,}315 \quad x_{12} = 2{,}335$
$a/3 = 1{,}543$
$a/4 = 1{,}158 \quad x_1 = 1{,}165 \quad x_7 = 1{,}115$
$a/5 = 0{,}926 \quad x_{13} = 0{,}936$
$a/6 = 0{,}772 \quad x_4 = 0{,}764 \quad x_8 = 0{,}782$
$a/7 = 0{,}661 \quad x_2 = 0{,}677$
$a/8 = 0{,}579$
$a/9 = 0{,}514$
$a/10 = 0{,}463$
$a/11 = 0{,}421 \quad x_{10} = 0{,}427$
$a/12 = 0{,}386 \quad x_3 = 0{,}391 \quad x_9 = 0{,}406 \quad x_{14} = 0{,}376$
$a/13 = 0{,}356$ } $x_{11} = 0{,}345$?
$a/14 = 0{,}331$ }
$4a/11 = 1{,}68 \quad x_6 = 1{,}69$
$8a/11 = 3{,}37 \quad x_5 = 3{,}33$

Es ist oben schon daran erinnert worden, daß nach Paschen und Runge die Abstände bei der magnetischen Zerlegung der zweiten Triplet-Nebenserie im Spektrum von *Mg, Ca, Sr, Zn, Cd, Hg* Vielfache von $a/2$ und die der Zerlegung der Paare vom Typus der *D*-Linien im Spektrum von *Cu, Ag, Al, Tl, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra* Vielfache von $a/3$ sind. Auch bei den Zerlegungen der Quecksilberlinien, die nicht zur zweiten Nebenserie gehören, finden sich, wie schon Paschen und Runge bemerkt haben, die Vielfachen von $a/2$ unter den Abständen mehrere Male vor. Aber man kann nicht bei allen Linien die Abstände als Vielfache von $a/2$ darstellen. Einige sind Vielfache von $a/4$ und einige Vielfache von $a/11$. Die folgende Tabelle enthält die Zerlegungen der ersten Nebenserie. Die Werte von $\frac{\Delta\lambda}{\lambda^2}$ sind für das Feld 23850 Gauß angegeben, so wie Paschen und Runge sie mitgeteilt haben, nur daß symmetrische Verteilung der Komponenten angenommen ist und die Abstände zweier gleich weit von der Mitte vermuteter Komponenten zu einem Mittel vereinigt sind. Der normale Abstand a ist gleich 1,08 *Hg* erste Nebenserie.

Man bemerke, daß die beiden Linien, deren Zerlegungen auf $a/11$ führen, auch insofern zueinander gehören, daß sie dieselbe Schwingungsdifferenz haben, die auch in der zweiten Nebenserie vorkommt. Auch der Satellit in der ersten Nebenserie von Linienpaaren, wie sie im Spektrum von *Cu, Ag, Al, Tl, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra* von Paschen und Runge beobachtet sind, zeigt in seiner Zerlegung dasselbe Verhalten. Paschen und Runge geben bei *Cu, Ag, Al, Tl* im Mittel die Zerlegung

$\frac{\Delta\lambda}{\lambda^2}$ cm^{-1}	
$\pm$ 2,17	*s*
1,44	*s*
1,10	*p*
0,84	*s*

Wellenlänge in Angström	$\frac{\Delta\lambda}{\lambda^2}$ cm^{-1}		
3663,5	$\pm$ 2,06 *s*	2,16 = 8 . *a*/4	
	1,60 *s*	1,62 = 6 . *a*/4	
	1,11 *s*	1,08 = 4 . *a*/4	
	0,94 *p*	0,81 = 3 . *a*/4	
	0,57 *s*, *p*	0,54 = 2 . *a*/4	
3663,0	$\pm$ 2,78 *s*	2,70 = 5 . *a*/2	
	1,66 *s*	1,62 = 3 . *a*/2	
	1,10 *p*	1,08 = 2 . *a*/2	
	0,56 *s*	0,54 = 1 . *a*/2	
	0 *p*		
3655	$\pm$ 1,98 *s*	1,960 = 20 . *a*/11	
	1,57 *s*	1,568 = 16 . *a*/11	
	1,34 *p*	1,372 = 14 . *a*/11	
	1,17 *s*	1,176 = 12 . *a*/11	
	0,79 *p*, *s*	0,784 = 8 . *a*/11	
	0,38 *p*	0,392 = 4 . *a*/11	
3650	$\pm$ 1,28 *s*	1,26 = 7 . *a*/6	Bei dieser kleinen Zahl von Komponenten ist die Überlegung nicht sicher. Man könnte ebensogut annehmen $\pm$1,28, 1,296 = 12*a*/10 0,34, 0,324 = 3*a*/10
	0,34 *p*	0,36 = 2 . *a*/6	
3132,0	$\pm$ 1,62 *s*	1,62 = 3 . *a*/2	
	1,10 *s*	1,08 = 2 . *a*/2	
	0,62 *p*, *s*	0,54 = 1 . *a*/2	
	0 *p*		
3131,7	$\pm$ 1,58 *s*	1,62 = 3 . *a*/2	
	1,06 *p*	1,08 = 2 . *a*/2	
	0,57 *s*	0,54 = 1 . *a*/2	
3125,8	$\pm$ 1,58 ?	1,568 = 16 . *a*/11	
	1,20 *s*	1,176 = 12 . *a*/11	
	0,78 *s*	0,784 = 8 . *a*/11	
	0,38 *p*	0,392 = 4 . *a*/11	
2967,6	$\pm$ 1,13 *s*	1,08 = *a*	
	0 *p*		
2967,4	$\pm$ 0,60 *p*, *s*	0,54 = *a*/2	
	0 *p*		

bei einem Felde von 31000 Gauß, wo der normale Abstand a den Wert $\frac{\Delta\lambda}{\lambda^2} = 1{,}38$ gibt. Die Abstände sind Vielfache von $a/5$

2,17 nahezu 2,208 = 8 · $a/5$
1,44 „ 1,380 = 5 · $a/5$
1,10 „ 1,104 = 4 · $a/5$
0,84 „ 0,828 = 3 · $a/5$.

Wo die Zahl der Komponenten gering ist, läßt sich der Bruchteil von a nicht mit derselben Sicherheit bestimmen. Bei der Quecksilberlinie 5769 z. B., deren Zerlegung Paschen und Runge bei 23850 Gauß zu

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda^2}\ \text{cm}^{-1} = \pm\ 1{,}24;\ 0$$

angeben, reicht die Genauigkeit der Messung wohl aus, um zu erkennen, daß kein normales Triplet vorliegt, bei dem der Abstand $a = 1{,}08$ sein müßte. Es läßt sich aber nicht entscheiden, ob der Abstand gleich $12 \cdot a/10 = 1{,}29$ oder gleich $13 \cdot a/11 = 1{,}28$ oder gleich $14 \cdot a/12 = 1{,}26$ oder $15 \cdot a/13 = 1{,}24$ oder $16 \cdot a/14 = 1{,}23$ gesetzt werden müsse. Ich würde geneigt sein, $a/11$ oder $a/12$ zu bevorzugen, weil diese Bruchteile auch bei den anderen Zerlegungen vorkommen.

Das Resultat der vorliegenden Arbeit läßt sich so zusammenfassen:

Die bisher beobachteten komplizierten Zerlegungen von Spektrallinien im magnetischen Felde zeigen die folgende Eigentümlichkeit: Die Abstände der Komponenten von der Mitte sind Vielfache eines aliquoten Teil des normalen Abstandes $a = \frac{\Delta\lambda}{\lambda^2} = \frac{H}{4\pi c} \cdot e/m$. Sicher beobachtet sind bisher die Teile $a/2$, $a/3$, $a/4$, $a/5$, $a/6$, $a/7$, $a/11$, $a/12$.

(Eingegangen 3. April 1907.)

Über das Verhältnis der Wärmeleitung zur Elektrizitätsleitung.

Von Joh. Koenigsberger.

Wiedemann und Franz haben bekanntlich auf Grund ihrer Messungen das Gesetz abgeleitet, daß für eine Reihe von Metallen das Verhältnis der Elektrizitätsleitung σ zur Wärmeleitung k nahezu konstant ist, und die absoluten Bestimmungen von Kirchhoff und Hansemann, von L. Lorenz, von Jäger und Diesselhorst zeigten, daß $k_{18} : \sigma_{18}$ etwa = 6,8 bis $7{,}0 \cdot 10^{+10}$ ist, wobei k in $\frac{\text{erg}}{\text{cm-sec-grad}}$ und σ in absoluten elektromagnetischen Einheiten ausgedrückt sind.

Die Elektronentheorien geben auf Grund der Annahme, daß die Elektrizität wie die Wärme durch freie Elektronen transportiert wird, für diesen Quotienten einen bestimmten Wert. Zuerst hat Riecke einen Ausdruck für den Quotienten gegeben. Die Theorie von J. J. Thomson[1]) ergab $^8/_3 \gamma \cdot \left(\frac{\alpha}{\varepsilon}\right)^2 T$, worin γ von der Art der Zusammenstöße abhängt (für Gase = $^1/_2$). Die Theorie von Drude[2]) gibt im allgemeinsten Fall

$$\frac{k}{\sigma} = {}^4/_3 \left(\frac{\alpha}{\varepsilon}\right)^2 T \left\{1 + \frac{2 v_1 v_2\, T}{N_1 v_1 + N_2 v_2^2} \frac{\partial}{\partial t} \log (N_1 N_2)\right\}.$$

Falls nur eine Elektronenart frei vorhanden ist, so wird, auch wenn deren Anzahl N von

1) J. J. Thomson, Rapports congrès physique. Paris 1900. **3**, 142.
2) P. Drude, Ann. d. Phys. **8**, 582, 1900.

der Temperatur abhängig ist, dieser Ausdruck $= {}^4/_3 \left(\frac{a}{e}\right)^2 \cdot T$.[1]) Aus den Rechnungen von H. A. Lorentz ergibt sich ${}^8/_9 \left(\frac{a}{e}\right)^2 \cdot T$, und E. Riecke[2]) leitet einen Ausdruck von der Form $1{,}50 \cdot \left(\frac{a}{e}\right)^2 T \frac{1 + {}^2/_3 \beta T}{1 + \beta T}$, falls die Zahl aller elektrischen Teile in derselben Weise $\beta = \frac{d \log N}{d T}$ von der Temperatur abhängt. Nimmt man nur negative Elektronen als frei vorhanden an, so kann die Theorie von Riecke allein die Ausnahmen von dem Gesetz von Wiedemann und Franz erklären; man müßte dann aber eine sehr starke Abhängigkeit der N von der Temperatur annehmen, und zwar müßte β negativ sein, die freien Elektronen müßten mit steigender Temperatur abnehmen. Herr O. Reichenheim und der Verf.[3]) haben gezeigt, daß man die Änderungen des Widerstandes von Oxyden und Sulfiden mit der Temperatur durch Annahme der Dissoziation einer Elektronenart — als diese wird man die negativen Elektronen wählen — quantitativ darstellen kann. Durch diese Annahme erklärt sich auch, daß die elektropositiven Elemente Leiter der Elektrizität, die elektronegativen Isolatoren sind. Von diesem Standpunkt aus wird man suchen, die Ausnahmen von dem Gesetze auf andere Weise, als bisher geschehen, zu erklären. Von den Beziehungen zwischen der Größe von $\frac{k}{\sigma}$ zu anderen physikalischen Eigenschaften erscheint dem Verf. am auffallendsten diejenige zur absoluten Größe der Elektrizitätsleitung selbst.[4]) Ordnen wir nämlich die metallisch leitenden Substanzen nach dem Quotienten $\frac{k}{\sigma}$ bei 18° und stellen daneben die elektrische Leitfähigkeit σ, so sieht man deutlich, daß, je kleiner die Leitfähigkeit, um so stärker die Abweichung vom Gesetz von Wiedemann und Franz wird. In der folgenden Rubrik ist noch eine Größe k' angegeben; diese besagt, welcher Wert jeweils von k abgezogen werden muß, um die theoretisch (vgl. unten) für $\frac{k}{\sigma}$ abzuleitende Zahl $6{,}3 \cdot 10^{10}$ zu erhalten. Weggelassen sind die Metallegierungen, die zu der Gruppe II von Matthiessen[1]) gehören, bei denen also ein geringer Zusatz eines Metalles der anderen Gruppe genügt, um die Leitfähigkeit erheblich zu verringern. Diese letztere Tatsache findet bekanntlich eine Erklärung nach der Theorie von Rayleigh[2])-Liebenow[3]), braucht also hier nicht weiter berücksichtigt zu werden.

Substanz[4])	$\sigma \cdot 10^{-4}$	$\frac{k}{\sigma} \cdot 10^{-10}$	$k' \cdot 10^5$
Silber	6,14	6,86	34
Kupfer	5,72	6,71	24
Gold	4,13	7,09	34
Aluminium	3,16	6,36	4,0
Magnesium	2,4	6,40	7,0
Zink	1,69	6,72	7,0
Kadmium	1,32	7,06	10
Platin	0,92	7,53	13
Zinn	0,83	7,35	9
Eisen	0,83	8,02	15
Blei	0,48	7,15	4,4
Antimon	0,22	8,42	5,2
Wismut	0,084	9,64	3,0
Bleisulfid[5])	0,006	11,0	0,3
Graphit	0,0032	82	2,9
Eisenglanz	0,000020	10^7	1,2
Kupferoxyd[5])	$1 \cdot 10^{-12}$	10^{18}	3,5
Quarz	$< 1 \cdot 10^{-15}$	$< 10^{22}$	5,0
Bleioxyd[5])	$< 10^{-20}$	$< 10^{26}$	2,0

Eine Erklärung für den aus der Tabelle ersichtlichen Zusammenhang zwischen Anomalie und Größe der elektrischen Leitfähigkeit scheint mir sehr naheliegend, ist aber, soweit mir bekannt, nirgends erwähnt worden. Da feste, flüssige und gasförmige Isolatoren ebenfalls die Wärme leiten, muß man annehmen — und darauf beruhten die ersten kinetischen Theorien der Wärmeleitung —, daß die Moleküle und Atome, seien sie elektrisch neutral oder Ionen, thermische Energie auf irgendeine Art fortpflanzen. Dies muß aber auch geschehen, wenn eine mehr oder minder große Zahl Elektronen in der Substanz frei beweglich ist. Der elektronen-theoretische Beweis des Gesetzes von Wiedemann und Franz bezieht sich aber nur auf die Wärmeleitung durch freie Elektronen.

Man muß also von der gesamten Wärmeleitung eines Körpers den Teil abziehen, der nicht durch Elektronen, sondern auf andere Art, sei es durch kine-

1) H. A. Lorentz, Niederl. Akad. Amsterdam (2) **10**, 336, 1906.

2) E. Riecke, Jahrb. d. Radioaktiv. u. Elektr. **3**, 33, 1906. Vgl. auch früher Wied. Ann. **66**, 380, 1898.

3) Joh. Koenigsberger u. O. Reichenheim, diese Zeitschrift **7**, 570, 1906.

4) Eine Beziehung zu dem Atomgewicht und zu magnetischen Eigenschaften, hat M. Reinganum, vgl. Verhandl. der dt. physik. Ges. **4**, 593, 1906, besprochen.

1) A. Matthiessen u. C. Voigt, Pogg. Ann. **116**, 369 1862 u. **122**, 19 u. 64, 1864.

2) Lord Rayleigh, Scientific Papers **4**, 232.

3) C. Liebenow, Der elektrische Widerstand der Metalle. Halle 1897.

4) Die Zahlen dieser Tabelle sind den Veröffentlichungen von Jäger und Dießelhorst, L. Lorenz, Cellier, Exner, Horton, Lees, Koenigsberger und Reichenheim entnommen.

5) Auch steht der kleine Temperaturkoeffizient der Wärmeleitung der Oxyde und Sulfide in Gegensatz zu dem großen positiven Temperaturkoeffizienten der elektrischen Leitung und der Lichtabsorption dieser Substanzen.

tische Schwingungen der Moleküle, sei es durch Strahlung, fortgeleitet wird.

Die abzuziehende Größe k' ist uns durch das Wärmeleitungsvermögen der festen Isolatoren gegeben; sie liegt im $\left[\frac{\text{gr-cal.}}{\text{cm-grad-sec}}\right]$ System gemessen zwischen 0,013 für Chlornatrium und Chlorkalium und 0,0007 für Schwefel und Paraffin, oder in dem hier verwandten Maß zwischen $5{,}2 \cdot 10^5$ und $3 \cdot 10^8$. Man sieht leicht, daß die Größe k' in der obigen Tabelle tatsächlich von der geforderten Größenordnung ist. Bei den die Elektrizität gut leitenden Metallen ist das k' größer als nach dem Verhalten der Isolatoren zu erwarten wäre. Vermutlich wird ein großer Teil der Wärme durch Strahlung in diesen sehr stark absorbierenden Medien fortgeleitet.[1])

In den anderen Substanzen dagegen ist k' streng von der geforderten Größe; bei diesen dürfte die Wärmeleitung fast nur kinetisch durch Schwingungen von Molekülen, wie F. Richarz[2]) dargelegt hat, erfolgen. Einen Beweis dafür, daß in diesen Fällen die Strahlung mit der Wärmeleitung nichts zu tun hat, gibt der Temperaturkoeffizient des Wärmeleitungsvermögens von Isolatoren. Dieser ist für feste Isolatoren negativ, wie aus den Resultaten von Lees[3]) und noch nicht publizierten Versuchen von Herrn Disch und dem Verf., in welch letzteren direkt der Temperaturkoeffizient ermittelt wurde, hervorgeht. Die Strahlungsgesetze würden aber einen positiven Koeffizienten verlangen. — Zwei Punkte, die vermutlich miteinander zusammenhängen, müssen noch kurz besprochen werden. 1. Aluminium und Magnesium besitzen Werte für $\frac{k}{\sigma}$, die etwas kleiner sind, als die Theorie von Drude vorschreibt; diese Ausnahmen können durch die obige Annahme nicht erklärt werden. 2. Die Theorie von H. A. Lorentz, die auf strengerer Grundlage ruht, als die Theorie von Drude, ergibt für $\frac{k}{\sigma}$ einen wesentlich kleineren Wert. Dies hätte den Vorzug, daß Aluminium und Magnesium keine Ausnahmen mehr bilden würden, andererseits wäre man aber gezwungen, für die gut leitenden Metalle viel größere Werte von k' anzunehmen, die mit der hier dargelegten Hypothese kaum mehr in Einklang zu bringen sind. Der Verf. glaubt, wie anderen Orts dargelegt werden soll, daß die Theorie von Lorentz deshalb nicht ganz genügt, weil in ihr die Weglänge der Elektronen als von der Temperatur unabhängig angenommen wird; auch dürfte das Gesetz der Zusammenstöße nicht dasselbe sein, wie in der kinetischen Gastheorie. Bei Berücksichtigung dieser Abhängigkeit dürfte man zu einem Werte für $\frac{k}{\sigma}$ etwa $= 6{,}3 \cdot 10^{10}$ gelangen, statt $6{,}5 \cdot 10^{10}$ nach Drude und $4{,}35 \cdot 10^{10}$ nach Lorentz. Damit wären alle Schwierigkeiten beseitigt. Die elektronentheoretischen Berechnungen der thermoelektrischen Kräfte und Peltierwärme werden durch die obigen Annahmen nicht verändert, wohl aber der Thomsonwärme und der thermomagnetischen Effekte.

Aus obigen Betrachtungen scheint mir zu folgen, daß man die Ausnahmen von dem Gesetz von Wiedemann und Franz hinreichend erklären kann, ohne die Annahme von der Existenz nur einer Elektronenart verlassen zu müssen.

Anmerkung bei der Korrektur: Wie mir Herr M. Reinganum mitteilt, hat er auch schon die hier gegebene Erklärung in Erwägung gezogen und Rechnungen darüber ausgeführt.

Mathem.-physik. Institut Freiburg i. Br., Februar 1907.

(Eingegangen 19. März 1907.)

1) Die Betrachtungen von A. Schuster (Phil. Mag. (6) 5, 243) 1903, sind, wie der Verf. (Ann. d. Phys. 12, 342, 1903) zeigte, nicht streng, und dies macht sich bei stark absorbierenden Medien besonders geltend.

2) F. Richarz, Wied. Ann. 48, 708, 1893, u. Sitzungsbericht nat. Ges. Marburg, 1906.

3) Ch. H. Lees, Phil. Trans. London. A. 204, 433, 1905.

Die elektrische Leitfähigkeit der Legierungen und die Elektronentheorie.[1])

Von Rudolf Schenck.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß sich die elektrische Leitfähigkeit der Legierungen nur in wenigen Fällen nach der Mischungsregel aus der der Metallkomponenten berechnen läßt. Bei den weitaus meisten Systemen begegnet man großen Abweichungen, vor allen Dingen kräftigen Erniedrigungen des Leitvermögens. Wie wertvoll diese Erfahrung für die Konstruktion elektrischer Widerstände gewesen ist, braucht hier nicht erörtert zu werden.

Über die Ursachen dieser Erniedrigung ist man durchaus noch nicht im klaren. Zwar haben Rayleigh und Liebenow versucht, Theorien aufzustellen, welche die Tatsachen durch das Auftreten von Peltier-Effekten bezw. von dadurch verursachten Thermoströmen, erklären wollten, die eine scheinbare Vergrößerung des Widerstandes hervorrufen können. Diese beiden Autoren haben ihre Theorien zu einer Zeit entwickelt, als man über die Struktur der Legierungen noch gar nicht aufgeklärt war bezw. den Untersuchungen über die Erstarrung

1) Mitteilung aus dem physikalisch-chemischen Laboratorium der Technischen Hochschule zu Aachen.

der Metallgemische einen besonderen Wert nicht beilegte. Jetzt ist das anders geworden und man hat sich gewöhnt, bei allen Untersuchungen über physikalische Eigenschaften der Legierungen sich mit Hilfe der Metallographie über deren Struktur zu orientieren.

Kürzlich ist nun eine Arbeit von W. Guertler[1]) erschienen, in der der Zusammenhang zwischen elektrischer Leitfähigkeit und Konstitution der Legierungen klar gestellt worden ist. Er hat in dankenswerter Weise das große Beobachtungsmaterial, welches namentlich von Matthiessen gewonnen ist, unter Rücksichtnahme auf die Ergebnisse der metallographischen Untersuchungen, welche vor allem in dem anorganischen Institut der Universität Göttingen systematisch durchgeführt worden sind, bearbeitet.

Diese Arbeit führt, wenn wir von auftretenden Komplikationen absehen, zu folgenden Regeln:

1. Legierungen, welche Gemenge ihrer Bestandteile sind, haben eine Leitfähigkeit, welche sich additiv aus der Leitfähigkeit der Komponenten zusammensetzt.

2. Legierungen solcher Metalle, welche Mischkristalle bilden, zeigen eine Erniedrigung der Leitfähigkeit.

Die letzteren bieten ein besonderes Interesse. Es handelt sich um feste metallische Lösungen und man muß schließen, daß die Auflösung eines fremden Stoffes in einem Metall dessen Leitfähigkeit verkleinert. Ehe wir einen Versuch machen, dieses auffällige Verhalten zu erklären, müssen wir uns über einige andere Eigenschaften der festen metallischen Lösungen, welche mit ihrer Konzentration im Zusammenhang stehen, orientieren.

Zunächst tritt uns die Frage entgegen, wie weit das Gesetz von Wiedemann und Franz bei ihnen erfüllt ist. Zwar ist das Beobachtungsmaterial recht unvollkommen, aber es gestattet immerhin, eine ganz bestimmte Regelmäßigkeit zu erkennen, auf welche ich die Aufmerksamkeit lenken möchte, da sie einen Fingerzeig dafür zu bieten scheint, in welcher Richtung sich die weiteren Arbeiten zu bewegen haben werden.

Untersuchungen an Legierungen, welche in die uns interessierende Gruppe hereingehören, sind von F. A. Schulze[1]) ausgeführt worden. Die Legierungen von wenig Blei und Zinn mit viel Wismut haben sich als feste Lösungen herausgestellt[2]) und man sieht an ihnen deutlich, wie Leitfähigkeit für Wärme und für Elektrizität gleichzeitig mit wachsender Konzentration verkleinert werden. Seine Zahlen sind die folgenden:

Wismut-Blei

Vol.-Proz. *Bi*	Vol.-Proz. *Pb*	Wärmeleitfähigkeit k	El. Leitfähigkeit $\sigma \cdot 10^5$	$\frac{k}{\sigma} \cdot 10^{-1}$
100	—	0,019	0,830	230
99,57	0,43	0,0188	0,766	245
99,24	0,76	0,0173	0,771	224
98,47	1,53	0,0129	0,612	212
98,44	1,56	0,0119	0,468	256
97,31	2,69	0,0117	0,444	263
96,47	3,53	0,0129	0,514	251

Wismut-Zinn

Vol.-Proz. *Bi*	Vol.-Proz. *Sn*	Wärmeleitfähigkeit k	El. Leitfähigkeit $\sigma \cdot 10^5$	$\frac{k}{\sigma} \cdot 10^{-1}$
100	—	0,0190	0,830	230
99,54	0,46	0,0140	0,595	235
99,05	0,95	0,0126	0,506	248
97,13	2,87	0,0110	0,448	245
90,26	9,74	0,0126	0,488	258

Es zeigt sich deutlich, und F. A. Schulze macht ausdrücklich auf diesen Punkt aufmerksam, daß der Leitfähigkeitsquotient bei diesen Legierungen größer ist als bei dem reinen Wismut. Diese Erscheinung findet sich nun allgemein bei den festen metallischen Lösungen, soweit bis jetzt Untersuchungen vorliegen. Zu den festen metallischen Lösungen gehören auch die Legierungen von Kupfer und Nickel (eventuell mit Zusätzen von noch anderen Stoffen), welche als Widerstandsmaterialien Verwendung finden und infolgedessen gut untersucht sind. Die Werte sind in der nebenstehenden Tabelle zusammengestellt.

Metall	$\frac{k}{\sigma}$	Beobachter
Cu rein	665	Jaeger und Diesselhorst*)
Ni rein	699	" " "
Konstantan (60 *Cu*, 40 *Ni*)	1106	" " "
54 *Cu*, 46 *Ni*	991	E. Grüneisen**)
Manganin (84 *Cu*, 4 *Ni*, 12 *Mn*	914	Jaeger und Diesselhorst*)

* Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt **3**, 269, 1900.

** Ann. d. Phys. [4] **3**, 71, 1900.

Bei Kupfer-Nickel sind feste Lösungen in allen Verhältnissen möglich und ebenso bei Gold-Silberlegierungen. Würde man bei derartigen Mischkristallen den Wert des Quotienten $\frac{k}{\sigma}$ in seiner Abhängigkeit von der Zusammensetzung graphisch darstellen, so würde man eine Kurve mit einem Maximum erhalten.

1) Z. f. anorg. Chem. **51**, 397, 1906.

1) Über das Verhalten einiger Legierungen zum Gesetz von Wiedemann und Franz. Habilitationsschrift Marburg 1902.

2) Vgl. Guertler, l. c.

Mit den angegebenen Zahlen ist das Material, welches zur Charakteristik der festen Lösungen dienen kann, aber noch keineswegs erschöpft, so zeigt z. B. Stahl (feste Lösung von Eisenkarbid in Eisen) stets höhere Werte für $\frac{k}{\sigma}$ als reines Eisen (E. Grüneisen).

Aus dieser regelmäßig auftretenden Tatsache folgt, daß durch das aufgelöste Metall die Wärmeleitfähigkeit relativ weniger als die Leitfähigkeit für Elektrizität erniedrigt wird.

Wie soll man sich diese merkwürdige Tatsache erklären? In den Arbeiten Drudes[1]) ist mit großem Glück die Annahme durchgeführt worden, daß die Leitung der Wärme und der Elektrizität in den Metallen durch freie Elektronen bedingt werde, daß diese den Gasgesetzen folgen und daß die kinetische Gastheorie in der gleichen Weise auf Elektronen wie auf Gasmoleküle anwendbar sei. Bekanntlich ist es ihm gelungen, auf Grund dieser Hypothese das Gesetz von Wiedemann und Franz theoretisch abzuleiten, darzutun, daß der Ausdruck $\frac{k}{\sigma}$ für alle Metalle den gleichen Wert besitzt.

Die Vergrößerung des Quotienten bei den festen metallischen Lösungen kann auf den Gedanken führen, daß bei ihnen an der Wärmeleitung mehr Träger kinetischer Energie beteiligt sind als an der Elektrizitätsleitung, mit anderen Worten, daß die Wärmeleitung durch Elektronen und eine Molekülart, die Elektrizitätsleitung dagegen durch die Elektronen allein bedingt werde. Da die Legierungen, bei denen die beschriebenen Erscheinungen auftreten, Lösungen sind, innerhalb deren sich, wie van't Hoff[2]) in seiner Arbeit über die festen Lösungen auseinandergesetzt hat, Diffusionsvorgänge abspielen, so ist der Gedanke nicht ganz von der Hand zu weisen, daß auch die gelösten Metallmoleküle diffundieren und an der Wärmeleitung teilnehmen, während sie an der Elektrizitätsleitung nicht beteiligt sind. Man muß dann allerdings den weiteren Schluß machen, daß die gelösten Metallmoleküle innerhalb ihres Lösungsmittels eine Dissoziation in freie Elektronen und positive Metallionen nicht oder nur zum kleinen Teile erfahren. Über diesen Punkt kann man a priori wenig sagen.

Nun wird aber nicht nur das Verhältnis zwischen den beiden Leitfähigkeiten verändert, sondern es werden beide Leitfähigkeiten durch den gelösten Stoff verkleinert und zwar nicht nur die elektrische, sondern auch die Wärmeleitfähigkeit. Wie läßt sich das mit der eben eingeführten Annahme in Einklang bringen?

1) Ann. d. Phys. [4] 1, 593, 1900; 3, 379, 1900; 14, 936, 1904.
2) Z. f. phys. Chem. 5, 322, 1890.

Betrachten wir zunächst die Elektrizitätsleitung in diesem System aus Elektronen und Molekülen rein qualitativ. Das Problem ist offenbar ähnlich wie das der inneren Reibung in einem Gemisch zweier Gase. Die kinetische Gastheorie hat sich mit diesen Fragen beschäftigt und höchst merkwürdige Resultate gefunden, welche mit den Ergebnissen der Versuche auf das beste übereinstimmen. Experiment und Theorie ergeben, daß der Reibungskoeffizient eines Gases durch den Zusatz eines zweiten Gases vergrößert wird, selbst wenn dieses zweite Gas für sich einen sehr viel geringeren Reibungskoeffizienten besitzt als das erste. So fand Graham[1]), daß die innere Reibung der Kohlensäure durch eine geringe Beimischung von Wasserstoff nicht, wie man annehmen sollte, vermindert, sondern vergrößert wird. Von Puluj[1]) sind diese Resultate durch umfangreiche Untersuchungen bestätigt worden.

Wenn wir nun die kinetische Theorie auf unsere Mischung von Molekülen und Elektronen übertragen, so können wir es verstehen, daß durch die Anwesenheit der Moleküle die innere Reibung des ganzen Systems vergrößert, und damit die Leitfähigkeit für Elektrizität herabgesetzt wird. Wir hätten dann in der Vergrößerung der inneren Reibung bei den festen metallischen Lösungen ein Analogon zu der Vergrößerung der inneren Reibung bei Gasgemischen.

Die exakte Durchfuhrung des eben entwickelten Gedankens ist nicht einfach und ich muß es Berufeneren überlassen, die Formeln für die Wärme- und Elektrizitätsleitung eines Gemisches von Elektronen und Molekülen aufzustellen. Aber ich möchte doch nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, daß wir hier möglicherweise den Schlüssel haben, welcher uns das Verständnis für das abnorme Verhalten der Legierungen eröffnet.

Auch die Wärmeleitung erfolgt in einem Gemisch anders als bei den Komponenten desselben, da die mittlere Weglänge eines Gases durch die Anwesenheit eines zweiten geändert wird. Dasselbe dürfte auch bei den Elektronen der Fall sein, wenn neben ihnen noch Moleküle an der Diffusion beteiligt sind.

Für den Quotienten der beiden Leitfähigkeiten erhielt Drude einen Ausdruck, in dem die spezifischen Eigenschaften der Metalle nicht auftreten, sondern nur ganz allgemeine Konstanten. Bezeichnen wir mit k die Leitfähigkeit für Wärme, mit σ die für Elektrizität, mit α den Temperaturkoeffizienten der kinetischen

1) Vgl. O. E. Meyer, Kinetische Theorie der Gase. 2. Aufl. Breslau 1899. S. 204; und Landolt, Börnstein und Meyerhoffer, Phys. Chem. Tab., S. 96.

Energie für ein Grammolekül, mit T die absolute Temperatur und mit e die Ladung eines Elektronenäquivalents, so ist nach Drude

$$\frac{k}{\sigma} = \frac{4}{3}\left(\frac{a}{e}\right)^2 T.$$

Diese Gleichung sagt aus, daß bei den Metallen, für welche das Gesetz von Wiedemann und Franz streng gilt, das Verhältnis zwischen den Trägern der kinetischen Energie und den geladenen Teilchen dasselbe ist. Diese Bedingung wird stets erfüllt sein, wenn sich nur Elektronen an der Leitung der Wärme und der Elektrizität beteiligen.

Wenn aber an der Leitung der Wärme, wie wir oben annahmen, auch noch gelöste Moleküle teilnehmen, so kann $\frac{k}{\sigma}$ nicht den Wert behalten, den reine Metalle besitzen. Die Zahl der Träger der kinetischen Energie ist ja größer als die der geladenen Teilchen, also muß mit zunehmender Konzentration des Zusatzes $\frac{k}{\sigma}$ wachsen, wie man es tatsächlich beobachten kann. Bezeichnen wir die Zahl der Elektronenäquivalente im Liter mit N_e, die der gelösten Moleküle mit N_μ, so sei

$$i = \frac{N_e + N_\mu}{N_e}.$$

Wir wollen nun versuchen, eine der Drudeschen Gleichung analoge für Legierungen aufzustellen, dann müssen wir setzen

$$\left(\frac{k}{\sigma}\right)_{\text{Legierung}} = \left(\frac{k}{\sigma}\right)_L = \frac{4}{3}\left(\frac{i\cdot a}{e}\right)^2 T.$$

Für $N_\mu = 0$ geht sie in die Drudesche über.

Dividieren wir nun diesen Ausdruck durch die Gleichung

$$\left(\frac{k}{\sigma}\right)_{\text{reines Metall}} = \left(\frac{k}{s}\right)_M = \frac{4}{3}\left(\frac{a}{e}\right)^2 T,$$

so folgt

$$\left(\frac{k}{\sigma}\right)_L : \left(\frac{k}{\sigma}\right)_M = i^2$$

$$\frac{N_e + N_\mu}{N_e} = i = \sqrt{\left(\frac{k}{\sigma}\right)_L : \left(\frac{k}{\sigma}\right)_M}.$$

Wenn wir die Leitfähigkeitsquotienten einer Legierung und des reinen Metalles bei derselben Temperatur kennen, so würden wir imstande sein mit Hilfe der angegebenen Gleichung, falls sie die bestehenden Verhältnisse wirklich zum Ausdruck bringt, die Zahl der Elektronen im Liter zu berechnen. Wir wollen das tun und dann die erhaltenen Werte mit den von P. Drude aus seinen metalloptischen Versuchen erhaltenen vergleichen.

Das vorliegende Beobachtungsmaterial ist für den beabsichtigten Zweck nicht besonders geeignet, weil die untersuchten Legierungen als konzentrierte Lösungen zu betrachten sind, bei denen sicher schon ganz andere Verhältnisse vorliegen als bei verdünnten Lösungen, für welche unsere Betrachtungen eigentlich gelten sollen. Aber in Ermangelung besserer Beobachtungen wollen wir sie für die Rechnung verwenden, um uns einigermaßen zu orientieren. Wir benutzen die von Jaeger und Diesselhorst erhaltenen Werte für Konstantan und Manganin, nebst dem Ergebnis ihrer Messungen für reines Kupfer.

Bei Konstantan (60 *Cu*, 40 *Ni*) ergaben sich bei 18°

$$\left(\frac{k}{\sigma}\right)_{Cu} \cdot 10^{-8} = 665; \quad \left(\frac{k}{\sigma}\right)_{\text{Konstantan}} \cdot 10^{-8} = 1106$$

bei 100°

$$\text{„} = 862; \quad \text{„} = 1310.$$

Daraus folgt

$$i_{18} = \sqrt{\frac{1106}{665}} = 1{,}289; \quad i_{100} = \sqrt{\frac{1310}{862}} = 1{,}233.$$

Die molekulare Konzentration des gelösten Nickels ergibt sich aus der Zusammensetzung des Konstantans und aus seiner Dichte, welche wir zu 8,9 annehmen. Im Liter sind danach

$$N_\mu = \frac{8{,}9 \cdot 1000 \cdot 0{,}4}{58{,}7} = 60{,}68$$

Grammoleküle Nickel gelöst. Nun ist weiter

$$i = \frac{N_e + 60{,}68}{N_e}.$$

Daraus folgt

$$N_{e\,18^\circ} = \frac{60{,}68}{0{,}289} = 210$$

und

$$N_{e\,100^\circ} = \frac{60{,}68}{0{,}233} = 260{,}4.$$

Es entspricht also der Elektronengehalt des Konstantans bei 18° einer 210fach normalen, bei 100° einer 260fach normalen Lösung.

Das Manganin (84 *Cu*, 4 *Ni*, 12 *Mn*) stellt eine erheblich verdünntere Lösung dar. Bei 18° ist dort

$$\left(\frac{k}{\sigma}\right)_{\text{Manganin}} 10^{-8} = 914.$$

Daraus folgt

$$i = \sqrt{\frac{914}{665}} = 1{,}172.$$

Aus der Zusammensetzung folgt bei einer Dichte von 8,7

$$N_\mu = 8700 \cdot \left(\frac{0{,}04}{58{,}7} + \frac{0{,}12}{55}\right) = 24{,}91,$$

und weiter

$$N_e = \frac{24{,}91}{0{,}172} = \mathbf{145}.$$

Zum Vergleiche gebe ich die Tabelle wieder, welche die von Drude aus seinen optischen

Untersuchungen abgeleitete Elektronenzahl der Metalle pro Liter enthält.

Metall	N_ε	Metall	N_ε
Kupfer	66	Kobalt	216
Gold	70	Platin	220
Silber	103	Aluminium	227
Magnesium	144	Quecksilber	228
Nickel	149	Zinn	230
Wismut	174	Eisen	236
Blei	179	Zink	298
Kadmium	192	Antimon	420

Wir sehen also, daß sich die aus den i-Werten berechneten Elektronenzahlen in die Drudesche Reihe einfügen. Für das Konstantan ist unser Wert entschieden zu hoch, da bei den großen Konzentrationen das Nickel sicher Elektronen abspaltet. Leider lassen sich die Zahlen F. A. Schulzes für die Berechnung der Elektronenzahl nicht verwenden, da die Schwankungen in den Beobachtungsergebnissen sehr große sind und gerade bei den verdünnten Lösungen der Einfluß kleiner Beobachtungsfehler auf das Resultat ein sehr beträchtlicher ist. Dazu kommt noch, daß das Wismut in bezug auf das Gesetz von Wiedemann und Franz eine ganz extreme Stellung einnimmt. Es läßt sich aber aus den Beobachtungen entnehmen, daß die Elektronenzahl beim Wismut kleiner ist als bei den übrigen Metallen, was mit dem thermoelektrischen Verhalten des Wismuts im guten Einklange steht.

Jedenfalls ist das gefundene Resultat recht auffällig und ermuntert zu Versuchen darüber, ob die aufgestellte Formel ihre Gültigkeit auch bei verdünnteren festen Metallösungen behält.

Wenn wir die Beziehung zunächst einmal als richtig ansehen, so würde als Resultat zu entnehmen sein, daß die Elektronenzahl eines Metalles durch Auflösen eines zweiten eine Verminderung nicht erfährt, daß jedenfalls die starke Erniedrigung der elektrischen Leitfähigkeit im wesentlichen auf andere Ursachen zurückgeführt werden muß. Dieses Resultat läßt sich nun auf verschiedene Weise experimentell prüfen.

Ein Mittel dazu bietet die Vergleichung des Reflexionsvermögens der Legierung mit dem des reinen Metalles; bei einer Änderung der Elektronenzahl durch Auflösung geringer Mengen eines zweiten Metalles würden die optischen Konstanten, der Brechungs- und der Absorptionsindex, Änderungen erfahren müssen. Es ist diese Methode von Drude[1]) benutzt worden, um eine Antwort auf die Frage zu bekommen, ob die Verminderung der elektrischen Leitfähigkeit eines Metalles durch Erhöhung der Temperatur oder durch die Bearbeitung auf eine Verkleinerung der Elektronenzahl zurückzuführen ist oder nicht. Untersuchungen über die Reflexionskonstanten von Legierungen sind bis jetzt leider noch gar nicht ausgeführt worden.

Ein zweites Mittel bietet die Vergleichung der thermoelektrischen Größen von Legierung und reinem Metall. Auch hier ist das Beobachtungsmaterial spärlich, aber glücklicherweise liegen genaue Untersuchungen über die Legierungen vor, welche wir oben bei unseren Darlegungen benutzt haben. Jaeger und Diesselhorst[1]) haben die thermoelektrischen Kräfte des Konstantans und des Manganins gegen Kupfer bestimmt. Wurde die eine Lötstelle der Metallpaare auf 0°, die andere auf 100° gehalten, so beobachteten sie die folgenden elektromotorischen Kräfte

Konstantan — Kupfer: — 3440 Mikrovolt
Manganin — „ + 570 „
(Mikrovolt = 10^{-6} Volt).

Die thermoelektrischen Kräfte sind nun nach Drude[2]) mit den Elektronenzahlen durch die folgende einfache Gleichung verknüpft, welche zur Orientierung völlig ausreicht:

$$\pi\,(\text{Mikrovolt}) = \cdot 171 \cdot (T_2 - T_1)\, ln \frac{N_\varepsilon}{N'_\varepsilon}$$

Positiver Pol an der wärmeren Lötstelle ist das elektronenreichere Metall. Daraus erkennen wir zunächst, daß das Konstantan eine geringere, das Manganin eine etwas höhere Elektronenkonzentration besitzt als das Kupfer.

Aus den angegebenen Daten berechnet sich

$$\frac{N_{Cu}}{N_{\text{Konstantan}}} = e^{\frac{3440}{100 \cdot 171}} = 10^{0,08788} = 1,223$$

$$\frac{N_{\text{Manganin}}}{N_{Cu}} = e^{\frac{570}{100 \cdot 171}} = 10^{0,01447} = 1,034$$

Setzen wir nun willkürlich die Elektronenkonzentration des Kupfers gleich 100, so folgt

$$N_{Cu} : N_{\text{Konstantan}} = 100 : 81,8$$
$$N_{Cu} : N_{\text{Manganin}} = 100 : 103.$$

Wir ersehen hieraus, daß die Elektronenzahl einer Legierung nicht kleiner zu sein braucht, als die des reinen Metalles. Wir vergleichen jetzt mit den berechneten Verhältniszahlen der Elektronen die Verhältniszahlen der Leitfähigkeiten. Es ist

$$\sigma_{Cu} : \sigma_{\text{Konstantan}} = 57,2 \cdot 10^4 : 2,04 \cdot 10^4 = 100 : 3,55$$
$$\sigma_{Cu} : \sigma_{\text{Manganin}} = 57,2 \cdot 10^4 : 2,378 \cdot 10^4 = 100 : 4,16$$

Dieser Vergleich zeigt uns deutlich, daß von den beiden Faktoren, welche die Leitfähigkeit der Metalle bedingen — nämlich Elektronenzahl und Reibungswiderstand — bei der Er-

1) Ann. d. Physik (4) **14**, 951—952, 1904.

1) l. c.
2) Ann. d. Physik (4) 1, 593, 1900; **14**, 948, 1904.

klärung der starken Verminderung der Leitfähigkeit der festen metallischen Lösungen nur die Änderung des letzteren in Betracht kommt. Die starke Abnahme der Leitfähigkeit der Legierungen muß auf eine Vergrößerung der Reibungswiderstände zurückgeführt werden und wie wir oben gesehen haben, läßt sich diese Vergrößerung ohne weiteres verstehen, wenn wir die kinetische Theorie von Gasgemischen auf ein System, welches aus Elektronen und Molekülen besteht, übertragen.

Will man nun weitere Aufschlüsse haben, so ist vor allen Dingen die Beschaffung neuen Beobachtungsmateriales an verdünnten, metallographisch als Lösungen definierten, Legierungen[1]) dringend erforderlich. Und zwar ist es erwünscht, daß alle Größen, welche zu der Elektronenzahl in Beziehung stehen, wenn möglich, an demselben Material gemessen werden. Die Kenntnis der optischen Konstanten, der thermoelektrischen Kräfte und der Leitfähigkeiten für Wärme und Elektrizität der festen metallischen Lösungen in ihrer Abhängigkeit von der Konzentration des gelösten Stoffes dürfte sicher die völlige Lösung des alten Problemes, zu dessen Aufklärung hier ein Versuch vorliegt, wesentlich erleichtern.

1) Als Material würden sich einerseits Legierungen von Kupfer und Nickel, andererseits von Gold und Silber besonders eignen, weil die Mischbarkeit im festen Zustande bei diesen beiden Systemen eine unbeschränkte ist.

Aachen, 20. März 1907.

(Eingegangen 22. März 1907.)

Ein elektromagnetischer Rotationsapparat.

Von C. Dieterici.

Der kleine elektromagnetische Rotationsapparat, den ich hier beschreibe, ist gebaut zur Demonstration der magnetischen Kraftfelder, welche von röhrenförmigen Leitern, die in ihrer Längsrichtung von elektrischen Strömen durchflossen sind, erzeugt werden. Die Konstruktion lehnt sich an dem bekannten Pohlschen Apparat an bezw. an den von W. König beschriebenen Apparat von Fleischmann.[1]) Die auftretenden Erscheinungen bieten manches Überraschende; sie sind aber vollständig durch die Formeln Drudes[2]) dargestellt. Wenn ich mich bei ihrer Beschreibung der Darstellung durch „Kraftfelder" bediene, so geschieht es, um den physikalischen Sinn der Drudeschen Formeln hervortreten zu lassen.

Der in Fig. 1 dargestellte Apparat trägt in der Mitte des Grundbrettes eine metallische

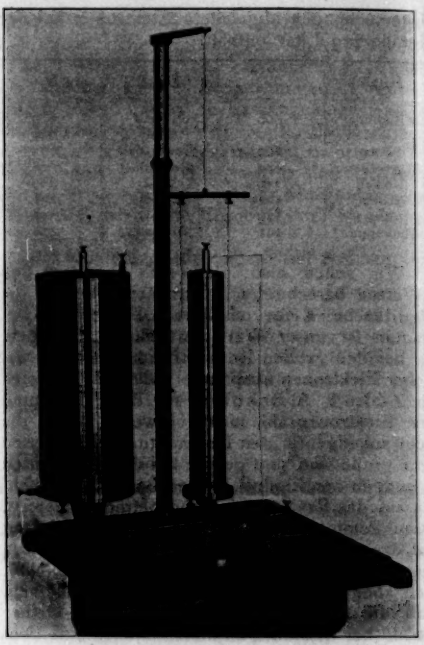


Fig. 1.

Hülse, in welche zwei Einsätze A und B eingesetzt werden können.

Der Einsatz A besteht aus einer axialen Säule, welche von einem konaxialen Zylinder umgeben ist; beide sind, wie es die Zeichnung Fig. 2a im Längsschnitt erkennen läßt, oben leitend verbunden.

Der Einsatz B (Fig. 2b) besteht aus axialer Säule und drei konaxialen Röhren 1—3, welche

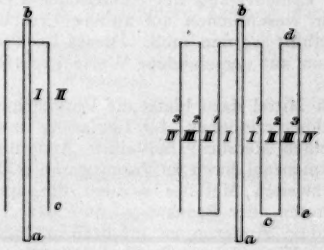


Fig. 2a. Fig. 2b.

abwechselnd oben bez. unten leitend verbunden sind, so daß drei Zwischenräume I, II, III entstehen.

1) W. König, Wied. Ann. **60**, 519—522, 1897.
2) P. Drude, Physik des Äthers, S. 94—102, 1894.

Beide Einsätze können in aufrechter Stellung mit dem Ende *a* bezüglich in umgekehrter Stellung mit dem Ende *b* der Achse in die zentrale Hülse des Grundbrettes eingesetzt werden; an den mit *a*, *b*, *c*, *d*, *e* bezeichneten Stellen sind Klemmen angebracht, um den elektrischen Strom zu bez. abzuleiten; ein Kommutator gestattet, die Stromrichtung zu wechseln.

Die zylindrischen Rohre sind etwa 30 cm lang, zum Teil auch am unteren Ende verstärkt, so daß man gleicher Stromdichte in den Zylindern sicher sein kann.

Zur Untersuchung der magnetischen Felder dienen, wie beim Pohlschen Apparat, zwei Magnete, welche mit gleichnamigen Polen in gleicher Richtung an einen Querbalken in beliebigen Abständen von der Drehachse angesetzt werden können. Der Querbalken hängt mittels Kokonfadens an einer am Grundbrett des Apparates angebrachten Säule, deren Höhe so verändert werden kann, daß das magnetische Gehänge zu passender Tiefe in die zu untersuchenden magnetischen Felder hineinhängt. Die Magnete (Stricknadeln) sind etwa 15 cm lang.

Die Versuche: Man benutzt zuerst den einfacheren Einsatz *A* und leitet 1. nur der axialen Säule von *a* nach *b* den Strom zu und konstatiert, daß sowohl im Zwischenraum I, wie im Außenraum II, ein mit der Entfernung von der Achse an Intensität abnehmendes magnetisches Feld besteht; das magnetische Gehänge rotiert um den Leiter bis zum Anschlag an den an *b* gelegten Zuleitungsdraht.

2. Man legt den Zuleitungsdraht von *a* an *c*, läßt *b* ungeändert; man benutzt also nunmehr den Zylinder 1 allein als Stromleiter und konstatiert, daß bei gleicher Stromrichtung und Stärke genau das gleiche Feld im Außenraum II besteht, wie beim ersten Versuch; dagegen im Innenraum I kein Feld vorhanden ist — zu letzterem Nachweis ist Einsatz *A* in umgekehrter Lage in die Hülse eingesetzt.

Dieser Versuch beweist den Satz: ein in gleichem Sinne vom gleichen Strom in seiner Längsrichtung durchflossener Zylinder erzeugt außen ein Feld in gleicher Richtung und Stärke, als ob nur die Achse vom Strom durchflossen wäre, im Innern aber das Feld null, weil alle von den parallelen Stromfäden des Zylinders erzeugten Kraftlinien sich paarweise kompensieren. (Vergl. Teichmann-König und Drudes Formeln.)

3. Man leite den Strom bei *a* zu, bei *b* ab und konstatiert: im Innenraum I besteht Feld, im Außenraum II jedoch nunmehr kein magnetisches Feld; das Magnetsystem bleibt außen völlig in Ruhe.

Während also nach Versuch 1 die Achse für sich außen Feld erzeugt und ebenso nach Versuch 2 der Zylinder für sich allein, wirken beide zusammen in entgegengesetzter Richtung, durchflossen einander kompensierend und erzeugen durch ihre Superposition das Feld null. Die Stärke des Feldes im Innenraum I ist genau die gleiche, als ob nur die Achse als Stromleiter vorhanden wäre, der Zylinder bringt im Innenraum keine Änderung des Feldes hervor.

4. Man leite den Strom parallel an *a* und *c* zu, an *b* ab, so entsteht im Innenraum I wieder das gleiche Feld wie zuvor, außen aber das doppelte Feld, wie beim ersten bez. zweiten Versuche. In diesem Falle superponieren sich die magnetischen Felder im Außenraum in gleicher Richtung, während sie sich beim Versuch 3, weil gleich und entgegengesetzt gerichtet, kompensierten.

Das Innenfeld bleibt ungeändert; es ist also in keiner Weise möglich, das Feld um die stromführende Achse durch Überschieben eines konzentrischen Zylinders zu verstärken.

Man benutze nunmehr den Einsatz *B* und leite

5. in *a* zu, in *e* ab, so erwartet man, daß, da nunmehr drei Zwischenräume I, II, III entstehen, welche von stromdurchflossenen Zylinderflächen begrenzt sind, in jedem Zwischenraum Feld vorhanden ist. In dieser Erwartung sieht man sich getäuscht; es findet sich Feld im Raum I und III, dagegen im Zwischenraum II kein Feld. In der Tat muß dies auch eintreten; denn nach Versuch 3 kompensieren sich im Zwischenraum II die von Achse und Zylinderwand 1 herrührenden Felder; für den Zylinder 2 ist aber der Zwischenraum II ein Innenraum, und da ein vom Strom durchflossener Zylinder in seinem Inneren kein Feld erzeugt, kann im Zwischenraum II kein Feld entstehen; ebenso entsteht im Außenraum IV kein Feld, weil hier die von Zylinderwand 2 und 3 herrührenden Felder sich kompensieren. Dagegen ist im Zwischenraum I das von der Achse herrührende Feld vorhanden und im Zwischenraum III das Außenfeld der Zylinderwand 2.

Leitet man aber 6. den Strom in *b* zu, in *e* ab, so entsteht nunmehr Feld im Zwischenraum II und Außenraum IV, dagegen kein Feld in I und III. Denn da man jetzt nicht mehr die Achse als Stromleiter benutzt, fehlt das magnetische Feld, welches im Zwischenraum II das Außenfeld der Zylinderwand 1 kompensierte; letzteres tritt nunmehr in die Erscheinung, während im Zwischenraum III sich die Außenfelder der Zylinder 1 und 2 kompensieren.

Der Apparat demonstriert so die Superposition gleich bez. entgegengesetzt gerichteter Felder; seine Beschreibung wird daher manchem Fachgenossen willkommen sein.

Rostock i/M., März 1907.

(Eingegangen 11. März 1907.)

Ein neues Elektrometer für statische Ladungen.

Erste Mitteilung.

Von Theod. Wulf.

Die zahlreichen Versuche, das Aluminium-Blättchen-Elektroskop zu verbessern, beweisen deutlich genug, wie sehr man gerade bei den jetzt aktuellen Problemen ein Instrument vermißt, welches von den Mängeln desselben frei ist, ohne dabei seine guten Eigenschaften zu entbehren. Diese Mängel, vor allem die Kri-Kri-Erscheinung, der ungerade Rand und die ungenaue Ablesung sind aber so innig mit dem Blättchen verbunden, daß eine gründliche Vermeidung aller dieser Fehler mit diesem Material nicht leicht möglich erscheint.

Als ein anderes geeignetes Material hat man schon mehrfach die Quarzfäden ins Auge gefaßt, allein, wie es scheint, bis jetzt nicht mit durchgreifendem Erfolg. Auch meine Bemühungen mit Fäden erreichten wenig, bis ich auf eine prinzipiell neue Anordnung kam, die den Eigenschaften dieser Fäden besonders Rechnung trägt. Und da hatte ich mit einem Schlag einen Apparat vor mir, der nicht nur frei ist von den Mängeln des Aluminiumblattelektroskops, sondern dasselbe sogar in allen seinen guten Eigenschaften bedeutend übertrifft.

Das Prinzip ist sehr einfach. Zwei feine Fäden von einigen cm Länge werden ganz nahe nebeneinander aufgehängt, und an ihrem unteren Ende ebenfalls aneinander befestigt und durch ein minimales Gewichtchen beschwert. Wird dieses System isoliert und geladen, so stoßen die Fäden einander ab und entfernen sich etwas voneinander. In der Mitte ist der Abstand am größten, dort wird er mittels Mikroskop und Okularmikrometer gemessen und gibt ein Maß für das Potential.

Die Herstellung des Apparats ist der Firma Günther & Tegetmeyer in Braunschweig übertragen und ihr gesetzlich geschützt. (D. R. P. 181 284.) Fig. 1 zeigt die Einrichtung des Apparates, und ist wohl ohne weitere Erklärung verständlich. Die Bernsteinplatte *B* wird von dem Fadenträger durchsetzt. Bei *Na Na* können kleine Glastuben aufgesteckt werden zur Aufnahme von Natrium bei sehr feuchter Witterung. Ein Messinggehäuse schließt das Ganze metallisch ab, bis auf ein Fensterchen zum Einlassen des Lichtes.

Das Mikroskop ist (in Figur nicht sichtbar) am Gehäuse befestigt. Die Einstellung auf die Fäden erfolgt einfach mit den Fußschrauben des Apparates. Diese Art der Einstellung ist nicht nur sehr fein, sondern sie verbürgt auch stets dieselbe Lage der Fäden im Instrument.

Die Fadenebene, einmal richtig ausgeglichen, bleibt stets senkrecht zur Achse des Mikroskops. Die Länge der Fäden beträgt 6 cm oder weniger, je nach der gewünschten Empfindlichkeit. Da Bestelmeyer durch Kathodenzerstäubung einen gut haftenden, äußerst feinen Platinüberzug auf Quarzfäden erlangt hat, so haben wir ebenfalls nach dieser Methode die Fäden leitend gemacht und damit gute Resultate erzielt. Die Fäden sind unten durch ein Stückchen Stanniol beschwert. Das ganze Fadensystem ist so leicht, daß der Luftwiderstand es fast bis zur aperiodischen Bewegung dämpft, so daß Erschütterungen der Unterlage gar nicht stören beim Ablesen.

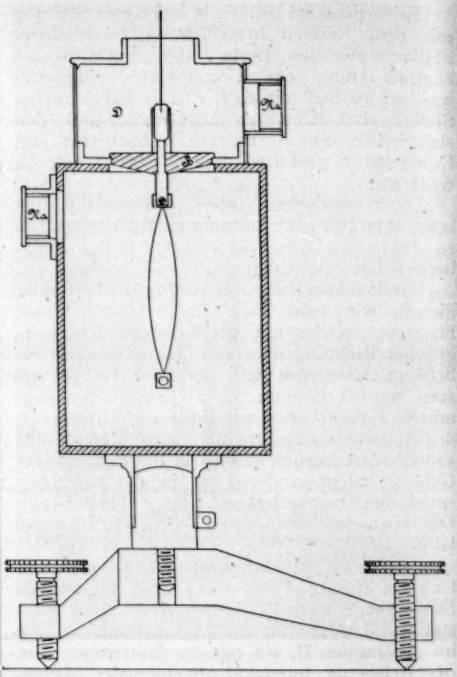


Fig. 1.

Das Mikroskop hat eine ca. 70fache Vergrößerung. Da eine große Annäherung des Objektivs störend auf die Fäden einwirken würde, so wurde das Objektiv möglichst schwach genommen und das Okular stark. Der Tubus kann beliebig verlängert werden bis zu einer 100fachen Vergrößerung.

Ein Vergleich mit dem Blättchenelektroskop zeigt eine Reihe sehr bemerkenswerter Eigenschaften.

1. Die Kri-Kri-Erscheinung kommt nicht mehr vor. Das lästige Anschlagen und Kleben-

bleiben der Blättchen ist unmöglich. Die Spreizung der Fäden ist einzig durch die Ladung bestimmt. Selbst in der Ruhelage ist der Fadenabstand durch das spannende Gewichtchen unveränderlich determiniert.

2. Die Ablesung ist ebenso genau, ganz ohne parallaktische Fehler. Die Fadenränder geben ein ungemein scharfes Bild. Während im Blättchenelektroskop nur etwa 30 Skalenteile benutzt werden, konnten wir eine Skala von 150 Strichen anwenden, von welcher dann die Zehntel noch bequem geschätzt werden können. Da immer beide Fäden zugleich abgelesen werden, so fallen die Fehler wegen Änderung der Ruhelage, geneigte Stellung des Apparates von selbst heraus. Dazu kommt, daß die Fadenmitten auch bei den höchsten Spannungen immer senkrecht, also den Skalenstrichen parallel bleiben, was die Ablesung ungemein erleichtert. Fig. 2 gibt eine Dar-

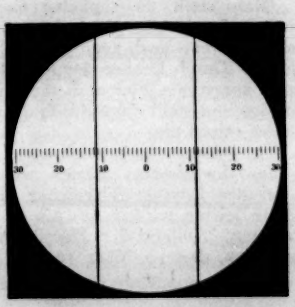


Fig. 2.

stellung von einem Teil des Gesichtsfeldes. Man muß sich die Skala zu beiden Seiten auf 75 Striche ausgedehnt denken.

3. Die Kapazität ist noch bedeutend kleiner als beim kleinsten Aluminiumelektroskop. Dieselbe wurde nach der Methode von Harms bestimmt. Es ist die Kapazität

	ohne Ladestift	mit Ladestift
beim Fadenelektrometer	2,8 cm	4,1 cm
beim kleinsten Blättchenelektrometer	4,7 „	6,7 „

4. Da sich im Fadenelektrometer nur die Mitten der Fäden einige mm voneinander entfernen, während im Blattelektroskop die Enden mehrere cm ausschlagen, so ist die Unabhängigkeit der Kapazität von der Ladung viel besser gewahrt und praktisch vollkommen.

5. Die Empfindlichkeit des Apparates ist viel größer. Bei den Instrumenten mittlerer Empfindlichkeit 0—250 Volt beträgt die Dicke des Quarzfadens ohne Bestäubung 0,006 mm. Der Ausschlag ist bei der stärksten Vergrößerung 1 Strich für 1,1 Volt. Dabei können die Zehntel noch gut geschätzt werden.

Das Blattelektroskop hat für denselben Meßbereich in den mittleren Partien 1 Strich für 6—7 Volt. Die Empfindlichkeit des Fadenelektrometers für Potentialmessungen ist also die sechsfache.

Für Messungen von Elektrizitätsmengen ist der Unterschied wegen der ungleichen Kapazitäten noch größer, nämlich $1{,}1 \times 2{,}8 = 3{,}1$ zu $6{,}5 \times 4{,}7 = 30{,}5$, also fast die zehnfache Empfindlichkeit; ganz abgesehen von der sicherern Einstellung und genaueren Ablesung.

Es ist klar, daß sich deshalb alle Messungen mit dem Fadenelektrometer in viel kürzerer Zeit und mit erheblich größerer Genauigkeit ausführen lassen, als mit dem Blättcheninstrument.

6. Die Proportionalität des Ausschlages mit der Spannung ist eine ganz überraschend gute. Bei der oben erwähnten Empfindlichkeit liegen die Eichwerte von etwa 60—240 Volt auf einer fast graden Linie. Unterhalb nehmen die Ausschläge schneller ab, sind aber bis gegen 10 Volt noch zur Messung zu benutzen. (Das Blattelektroskop gibt bekanntlich erst von ca. 70 Volt an brauchbare Angaben.) Fig. 3 enthält die Eichkurve eines Apparates.

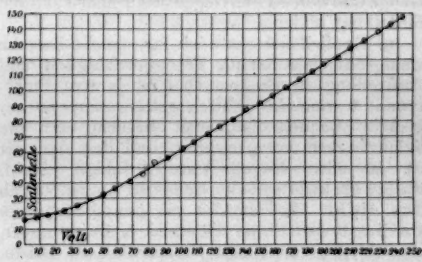


Fig. 3.

7. Die Geschwindigkeit der Einstellung hängt ab von der Belastung des Fadens. Je stärker die Spannung, desto schneller die Einstellung, aber desto geringer die Empfindlichkeit. Für gewöhnlich wird die Belastung nicht größer genommen als erforderlich ist, um die Fäden sicher gerade zu ziehen. Dann erfolgt die Einstellung scheinbar mit einem schnellen Sprung. In Wirklichkeit erfolgen einige durch die Luft stark gedämpfte Schwingungen. Es ist geradezu ein Genuß zu sehen, wie prompt die Fäden auf 0,1 Strich genau wieder an ihre Stelle hüpfen, wenn man schnell hintereinander zu demselben Potential ladet und entladet. Wenn man einen geriebenen Glasstab in der Nähe

hin und her bewegt, so schnell als man nur kann, so folgen die Fäden pünktlich jeder Bewegung. Bei stärkerer Belastung werden die Schwingungen der Fäden noch schneller, ihre Zahl wächst auf mehrere Hundert, selbst Tausend in der Sekunde. Mit anderen Worten, man hat dann in dem Instrument einen vollständigen elektrostatischen Oszillographen. Da Selbstinduktion und Kapazität dieses Instruments gleich Null (im Verhältnis zu den Zuleitungen), die Stromstärke ebenfalls gleich Null, so ist der Apparat ganz besonders geeignet, den Verlauf schneller Spannungsschwankungen wieder zu geben. Diese Eigenschaft wird besonders wertvoll in Verbindung mit der folgenden.

8. Gerade so wie für die subjektive Ablesung, ist der Apparat in Verbindung mit einer Lichtquelle geeignet zur objektiven Darstellung, namentlich zur fortlaufenden Registrierung. Läßt man genau wie beim Einthovenschen Fadengalvanometer den mittleren horizontalen Teil des Lichtkegels, etwa den von der Skala eingenommenen Streifen, auf eine Zylinderlinse fallen, so zieht diese das Licht in eine helle Linie zusammen und die Bewegung der Fäden bildet sich auf einer bewegten lichtempfindlichen Platte als Kurve ab, da die feinen Fäden ein sehr scharf einzustellendes Objekt bilden. Die Versuche in dieser Richtung sind bereits im Gange und werden den Gegenstand einer späteren Mitteilung bilden.

9. Endlich kommt noch für manche Zwecke wenigstens die leichte Transportfähigkeit und Aufstellung in Frage. Das ist ja ein Hauptgrund, warum das Blättchenelektroskop so ungemein bequem ist, man braucht nur die Schutzbacken vorzuschieben und der Apparat ist in allen Lagen transportfähig. Beim Fadenelektrometer braucht man auch das nicht. Es ist das ein ganz besonderes Verdienst der Firma Günther & Tegetmeyer, eine Arretiervorrichtung konstruiert zu haben, welche automatisch in Tätigkeit tritt, sobald der Apparat geneigt ist, und sobald er aufrecht steht, von selbst die Fäden frei gibt. Sie besteht einfach in einem gut isolierenden Quarzfaden, welcher durch eine Öffnung des spannenden Stanniolblättchens horizontal hindurchgeht. Bei eingestelltem Apparat sind die Fäden vollkommen frei. Und eine zufällige Berührung durch Erschütterung der Unterlage bringt dank des guten Isolationsvermögens des Quarzes keinen Ladungsverlust mit sich.

Das Verwendungsgebiet des neuen Apparates dürfte nach dem Gesagten ein außerordentlich weites sein.

1. Wird er überall da mit Vorteil angewandt werden, wo bisher das Blättchenelektroskop gebraucht wurde.

2. Da er aber dasselbe soweit an Empfindlichkeit übertrifft, so wird er auch in vielen Fällen Verwendung finden, wo man jetzt das Quadrantelektrometer benützt. Seine leichte, einfache Behandlung, seine momentane Einstellung, seine kleine Kapazität, seine kompendiöse Form, seine Unabhängigkeit von äußeren Störungen, das alles sind Eigenschaften, die ihn auch vor dem Quadrantelektrometer auszeichnen.

3. Endlich füllt das Fadenelektrometer sehr glücklich die empfindliche Lücke aus von etwa 300—1000 Volt, die zwischen dem Blattelektroskop und den Braunschen Instrumenten besteht. Durch stärkere Belastung, kürzere und dickere Fäden und schwächere Vergrößerung kann es ohne weiteres so eingerichtet werden, daß es Spannungen bis über tausend Volt mißt.

Die Aufstellung des Apparates ist sehr einfach. Man stellt es zunächst nach dem Augenmaß senkrecht. Im Mikroskop wird man dann gleich — wenn auch noch unscharf — die Fäden sehen. Durch Drehen der Fußschrauben bringt man zuerst die Fäden in die Mitte des Gesichtsfeldes und stellt dann durch die vordere Fußschraube scharf ein.

Bei den vielen ausgezeichneten Eigenschaften des Instruments dürfen wir hoffen, daß es bei der Lösung zahlreicher Probleme gute Dienste leisten wird.

Valkenburg, Holland-L., Physik-Inst. des Ignatius-Collegs, den 10. März 1907.

(Eingegangen 13. März 1907.)

Latente Fluoreszenz und optische Sensibilisation.

Von J. Stark.

§ 1. Fluoreszenz eines Moleküls und eines Molekülaggregats. — R. Meyer[1]) hat vor längerer Zeit die Ansicht begründet, daß der Träger der Fluoreszenz das einzelne Molekül von bestimmter Konstitution sei. Kürzlich wurde gezeigt, daß der einfache Benzolring[2]) ein Fluorophor ist, daß er nämlich eine starke ultraviolette Fluoreszenz besitzt; dieses experimentelle Resultat ergab sich als Konsequenz aus folgendem Satz: „Die Fluoreszenz ist bedingt durch eine Absorption in einem Bandenspektrum." Aus diesem Satz läßt sich weiter folgern, daß das Fluoreszenzspektrum des einzelnen fluoreszenzfähigen Moleküls die gleiche Ausdehnung und Struktur wie sein Bandenabsorptionsspektrum besitzt, daß also

1) R. Meyer, Zeitschrift f. physik. Chemie **24**, 468, 1897; Chem. Ber. **31**, 510, 1898; **36**, 2967, 1903.
2) J. Stark, diese Zeitschr. **8**, 81, 1907.

das Fluoreszenzspektrum des einzelnen Moleküls mit dem zugehörigen Absorptionsspektrum koinzidiert.

Das Fluoreszenzspektrum des einzelnen Moleküls ist der direkten Beobachtung nicht zugänglich. Wir können nur beobachten das Fluoreszenzspektrum eines Aggregats zahlreicher Moleküle, welche in festem, flüssigem oder dampfförmigem Zustand in einem makroskopischen Volumen verteilt sind. Indem das Fluoreszenzlicht des einzelnen Moleküls den Weg durch das Aggregat gleichartiger Moleküle zum Beobachter zurücklegt, erfährt es eine Absorption in dem Absorptionsspektrum der gleichartigen Moleküle. Das Fluoreszenzspektrum eines Molekülaggregats resultiert also hinsichtlich seiner Intensitätsverteilung aus einer Superposition der Emission von Licht in einem Bandenspektrum und der Absorption dieses Lichtes in dem gleichen Bandenspektrum.

Über die relative Lage des Absorptions- und des Fluoreszenzspektrums eines Molekülaggregats oder fluoreszierenden Mediums hat die experimentelle Forschung bis jetzt folgende Resultate ergeben. Jede Wellenlänge, welche überhaupt Fluoreszenz erregt, ruft in einem chemisch einheitlichen Körper das ganze Fluoreszenzspektrum (Lommel, Nichols und Merritt) hervor; dessen Intensitätsverteilung ist unabhängig [1]) von der Wellenlänge des erregenden Lichtes. Bei jedem chemisch einheitlichen Körper kann man mit einer Wellenlänge, welche noch innerhalb des Fluoreszenzspektrums liegt, auch diejenigen Wellenlängen des Fluoreszenzspektrums erregen, welche kürzer sind als die erregende Wellenlänge (Nichols und Merritt). In dem ursprünglichen strengen Sinne ist also die Stokessche Regel bei keiner chemisch einheitlichen Substanz erfüllt. Indes bleibt sie in folgender reduzierter Fassung für die meisten Fälle bestehen: Bei denjenigen chemisch einheitlichen Substanzen, deren Absorptionsbanden von kürzeren nach längeren Wellen laufen, ist das Maximum der Intensitätsverteilung im Fluoreszenzspektrum gegen das Maximum im Absorptionsspektrum verschoben und zwar von kürzeren nach längeren Wellen.

Es liegt auf der Hand, daß die vorstehende Stokessche Regel nicht charakteristisch ist für den Mechanismus, welcher an dem einzelnen Molekül Absorption und Fluoreszenz verknüpft, sondern daß sie ein Resultat der Superposition von Emission und Absorption im Molekülaggregat ist. Sie leitet sich aus der obigen Ansicht über die Verknüpfung von Absorption und Fluoreszenz am einzelnen Molekül zwanglos ab. Wir haben demgemäß anzunehmen, daß bei Erregung der Fluoreszenz die einzelnen Moleküle eines Aggregats in ihrem ganzen Bandenspektrum fluoreszieren und zwar am stärksten in denjenigen Teilen, in welchen die Absorption am stärksten ist. Indes kann die Fluoreszenz in denjenigen Wellenlängen, für welche die Absorption intensiv ist, nicht aus dem Aggregat heraus zum Beobachter gelangen, sondern nur die Fluoreszenz in denjenigen Wellenlängen, für welche die Absorption gering ist, und dies sind in fast allen bis jetzt bekannten Fällen die am roten Ende des Absorptionsspektrums liegenden Wellenlängen. Diese Fluoreszenz der einzelnen Moleküle in einem Aggregat, welche zwar an den einzelnen Molekülen in großer Intensität vorhanden ist, aber infolge der Absorption im Aggregat nicht nach außen zum Beobachter gelangen kann, wollen wir latente Fluoreszenz nennen.

Zu der im vorstehenden charakterisierten Superposition von Emission und Absorption in einem fluoreszierenden Medium sei noch folgendes bemerkt. Die durch Absorption wenig geschwächten nach außen gelangenden Wellenlängen des Fluoreszenzlichtes verdanken ihre Intensität nicht bloß der direkten Erregung durch das von außen einfallende Licht, sondern auch der Erregung dadurch, daß die latente Fluoreszenz des einzelnen Moleküls durch Absorption in benachbarten Molekülen deren ganzes Fluoreszenzspektrum hervorruft.

§ 2. Wirkungsweise der optischen Sensibilisation. — Zum Nachweise der latenten Fluoreszenz der einzelnen Moleküle eines fluoreszierenden Mediums kann man folgendes Verfahren einschlagen. Man wählt einen Körper, der für einen Teil des Spektrums lichtempfindlich ist, z. B. Bromsilber, das im Blau und Violett ein Maximum der Empfindlichkeit hat. An die einzelnen Moleküle oder wenigstens an sehr kleine Partikel des Bromsilbers fixiert man einige wenige Moleküle von derjenigen Substanz, von der man nachweisen will, daß sie latente blaue oder violette Fluoreszenz besitzt, z. B. von Erythrosin oder Cyanin. Dann läßt man Wellenlängen, welche einerseits das Bromsilber direkt nur wenig verändern, andererseits aber von dem auf dem Bromsilberteilchen fixierten Stoff stark absorbiert werden, in die präparierte Bromsilberemulsion dringen. Fluoresziert dann der auf dem Bromsilber fixierte Stoff, so wird an seinen einzelnen Molekülen das ganze Fluoreszenzspektrum und somit auch das latente blaue oder violette Fluoreszenzlicht erregt; ein Teil dieses Lichtes dringt von den einzelnen fluoreszierenden Molekülen in das unmittelbar an ihnen liegende Bromsilberkorn und bringt hier eine chemische Wirkung hervor, welche wir durch Entwicklung sichtbar machen können.

1) E. L. Nichols und E. Merritt, Jahrb. d. Rad. u. El. **2**, 149, 1905.

Die vorstehende Methode zum Nachweise latenter blauer oder violetter Fluoreszenz ist in der Photographie als Methode der optischen Sensibilisation photographischer Platten für grünes, gelbes und rotes Licht bekannt und erprobt. Der Nachweis latenter blauer oder violetter Fluoreszenz ist damit bereits für alle Substanzen geführt, welche als optische Sensibilisatoren des Bromsilbers dienen können. Umgekehrt ist durch die vorstehende Überlegung eine Erklärung der Wirkungsweise der optischen Sensibilisation gegeben. Und es sind aus dem Vorstehenden die Bedingungen für das Gelingen der optischen Sensibilisation von Bromsilber leicht zu erkennen: der Farbstoff muß im Blau und Violett eine starke latente Fluoreszenz, im Grün, Gelb oder Rot starke Absorption besitzen; er muß sich auf dem Bromsilberkorn fixieren lassen; dieses soll fein sein; die Dosierung des Farbstoffes muß eine geringe sein. Indem der Farbstoff selbst im Blau und Violett absorbiert, setzt er wie ein Farbenfilter vor der Platte deren Schwärzung durch Blau und Violett herab.

§ 3. Blaue und violette Fluoreszenz von Erythrosin und Cyanin. — Die vorstehende Methode zum Nachweis der latenten Fluoreszenz begibt sich in das Innere eines fluoreszierenden Mediums, indem sie den Empfänger für das Fluoreszenzlicht direkt an die einzelnen fluoreszierenden Moleküle bringt. Man kann versuchen, die latente Fluoreszenz auch in der gewöhnlichen Weise außerhalb des Molekülaggregats dadurch nachzuweisen, daß man das vermutlich nur in äußerst geringer Intensität nach außen gelangende latente Fluoreszenzlicht lange Zeit auf eine photographische Platte wirken läßt. Zur Erzielung eines positiven Resultats sind hierbei jedenfalls folgende Bedingungen zu erfüllen. Erstens muß die latente Fluoreszenz im Blau oder Violett liegen, da hier die gewöhnliche photographische Platte am empfindlichsten ist. Zweitens muß die erregende Lichtintensität groß sein. Drittens soll die Absorption im Blau oder Violett nicht sehr intensiv sein.

Zum Nachweis der latenten Fluoreszenz von Farbstoffen habe ich die bereits früher beschriebene Methode angewendet. Als Lichtquelle diente also eine lichtstarke Quecksilberlampe von W. C. Heraeus; deren Licht fiel vertikal nach unten in die zu untersuchende Lösung; das eventuell horizontal austretende Fluoreszenzlicht konnte in einen kleinen Quarzspektrographen treten.

Von den bekannten optischen Sensibilisatoren wählte ich Erythrosin und Cyanin aus, das letztere vor allem deswegen, weil es in Violett und Blau schwach absorbiert. Erythrosin war von Schuchardt in Görlitz bezogen. Von dem Cyanin wurden zwei Proben untersucht; beide waren kristallisiert, die eine war von unbekannter Herkunft, die andere war als puriss. von Schuchardt bezogen; beide Proben gaben dasselbe Resultat. Erythrosin und Cyanin wurden in absolutem Alkohol aufgelöst, indem 0,02 g in 50 cm^3 Alkohol gebracht wurden; die Konzentration betrug also 0,05 Proz. Die Expositionsdauer betrug immer 40 Minuten. Es wurden folgende Resultate erhalten.

Erythrosin zeigt im Blau eine sehr schwache Fluoreszenz, das Maximum ihrer Intensität liegt bei $\lambda 0{,}415\ \mu$.

Cyanin zeigt eine viel stärkere Fluoreszenz im Blau und Violett von $\lambda 0{,}365 - \lambda 0{,}490\ \mu$; das Intensitätsmaximum liegt bei $0{,}400\ \mu$. Mit dem Auge ist an einer alkoholischen Cyaninlösung keine blaue Fluoreszenz zu beobachten.

Für die Überlassung des in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Quarzspektrographen bin ich Herrn Dr. Hauswaldt zu Dank verpflichtet. Herrn Prof. Zenneck sage ich auch an dieser Stelle für Überlassung von Räumen und Hilfsmitteln seines Institutes verbindlichen Dank.

Braunschweig, März 1907.

(Eingegangen 11. März 1907.)

Beobachtungen über die Fluoreszenz von Benzolderivaten.

Von Johannes Stark und Richard Meyer.

I.

Wie W. N. Hartley und andere zeigten, besitzt Benzol eine ultraviolette Bandenabsorption. Alle untersuchten aromatischen Körper, welche durch Substitution oder Kondensation von Benzol abgeleitet sind, zeigen ebenfalls Bandenabsorption.

Wie kürzlich gezeigt [1]) wurde, besitzt Benzol eine ultraviolette Bandenfluoreszenz. Gemäß dem Satz, daß die Fluoreszenz durch eine Bandenabsorption bedingt ist, läßt sich folgern, daß alle aromatischen Körper, welche durch Substitution oder Kondensation von Benzol abgeleitet sind, ebenfalls Fluoreszenz besitzen. Diese Folgerung haben wir an einer Reihe von Substanzen geprüft.

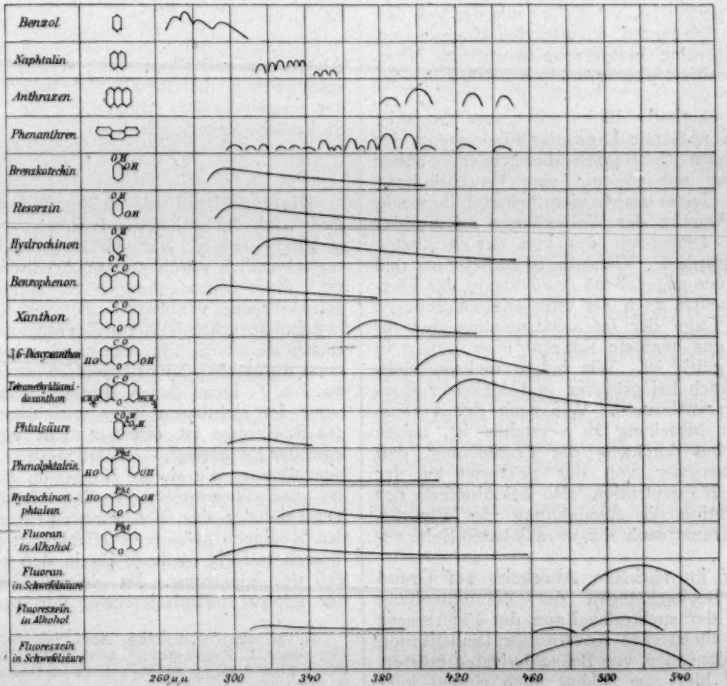
Zum Nachweis der Fluoreszenz und zur Ermittelung ihrer spektralen Lage wandten wir die spektrographische Methode an, welche der eine von uns (Stark, l. c.) in seiner Mitteilung über die Fluoreszenz des Benzols bereits beschrieben hat. Die Expositionszeit betrug bei Naphtalin und Anthrazen 5 Minuten, bei Benzol, Phenanthren und den Dioxybenzolen 10 Minu-

1) J. Stark, diese Zeitschrift **8**, 81, 1907.

ten, bei den übrigen Substanzen 20—40 Minuten. Verwendet wurden hierbei gewöhnliche, nicht sensibilisierte Agfa-Planfilms.

Von sämtlichen Substanzen wurden 0,02 g in 50 cm^3 Lösungsmittel gebracht. Als solches diente bei allen in der umstehenden Tafel angeführten Substanzen Äthylalkohol; Fluoran und Fluoreszein wurden außerdem noch in konzentrierter Schwefelsäure untersucht. Die Gefäße, in welchen die Substanzen gelöst oder untersucht wurden, wurden mit Sorgfalt gereinigt, bevor eine Substanz neu gelöst wurde. Die benutzten Verbindungen waren z. T. von Kahlbaum bezogen, ihre Reinheit wurde durch Bestimmung des Schmelzpunktes kontrolliert. Einige der Präparate waren im chemischen Laboratorium der Technischen Hochschule in Braunschweig dargestellt und sorgfältig gereinigt, z. T. auch analysiert worden. Von Fluoreszein wurde zuerst ein käufliches Produkt untersucht, später ein Präparat, welches aus reinem bei 215° schmelzendem Fluoreszeindibenzoat durch Verseifen gewonnen war. Beide Präparate zeigten das gleiche Fluoreszenzspektrum.

In der nachstehenden Tafel haben wir unsere Resultate über die Fluoreszenzspektra der untersuchten Benzolderivate zusammengestellt. Die erste vertikale Kolumne gibt den Namen der untersuchten Substanz, die zweite ihre chemische Konstitution, mit Ausnahme von Fluoran in Schwefelsäure und von Fluoreszein; von der in diesen Fällen wahrscheinlich vorliegenden Konstitution ist weiter unten die Rede. Die dritte, breite vertikale Kolumne gibt für jede Substanz das Fluoreszenzspektrum, indem horizontal die Wellenlängen im Bereich von λ 260 — λ 560 $\mu\mu$, vertikal die ungefähre Intensität aufgetragen ist. Ausdrücklich möchten wir indes bemerken, daß unsere graphischen Intensitätsangaben nur roh qualitativ sind und nicht als Grundlage für quantitative Schlußfolgerungen dienen können. Denn in ihnen ist erstens nicht die verschiedene Empfindlichkeit der photographischen Schicht in verschiedenen spektralen Regionen berücksichtigt, ferner ist in der Höhe der Kurven nicht das Verhältnis zum Ausdruck gebracht, in welchem die in der Fluoreszenz emittierte Energie zu der erregenden absorbierten Energie des Lichtes steht. Soll eine Angabe über die Fluoreszenz einer Substanz nicht im letzten



Grunde ein methodisches Resultat, also eine Angabe über die spektrale Empfindlichkeit der Methode (photographische Platte, menschliches Auge), sondern objektiv und quantitativ sein, so muß die absorbierte und die emittierte Energie energetisch in g-cal · sec^{-1} gemessen und zugleich ihre spektrale Verteilung festgestellt werden. Die einzigen Angaben über die Intensität der Fluoreszenz der von uns untersuchten Substanzen, welche wir als quantitativ in erster Annäherung bezeichnen dürfen, sind folgende.

Die Dioxybenzole (Brenzkatechin, Resorzin und Hydrochinon) fluoreszieren intensiver als Benzophenon, Phtalsäure, Phenolphtalein, Hydrochinonphtalein und Fluoran in Alkohol. Denn die Absorptions- und Fluoreszenzspektra dieser zwei Gruppen von Substanzen haben ungefähr die gleiche spektrale Lage. Die Fluoreszenz der ersten Gruppe ergibt sich indes selbst bei nur 10 Minuten Exposition photographisch viel intensiver als diejenige der zweiten Gruppe bei 20—30 Minuten Exposition. Ferner darf die Fluoreszenz des Benzols als eine sehr intensive bezeichnet werden. Denn obwohl die von ihm absorbierte Lichtintensität (die Intensität der Hg-Linien von einer Wellenlänge kleiner als 271 $\mu\mu$) gering ist, verglichen mit der von den übrigen Substanzen absorbierten Energie, ergibt sich seine Fluoreszenz bei 10—20 Minuten Exposition photographisch beträchtlich intensiv.

Als quantitativ dürfen wir unsere Angaben über die spektrale Lage der Fluoreszenz der untersuchten Substanzen bezeichnen. Aber auch hier müssen wir eine Einschränkung machen. Diese bezieht sich nicht auf die wenig genaue Angabe der Wellenlängen infolge der geringen Dispersion des von uns benützten Spektrographen. Vielmehr ist zu betonen, daß die von uns angegebene Ausdehnung der Fluoreszenzspektra nach der ultravioletten Seite zu und die Lage der Intensitätsmaxima nur für die von uns benützte Konzentration (0,02 g in 50 cm^3) gültig ist. Wir haben mehrere Substanzen auch bei größerer und kleinerer Konzentration untersucht. Wie nach der vorausgehenden Mitteilung zu verstehen ist, zeigte sich hierbei durchweg die Erscheinung, daß beim Übergang von der größeren zu der kleineren Konzentration, also bei Abnahme der Konzentration die Ausdehnung des Fluoreszenzspektrums nach der ultravioletten Seite zunahm.

Bevor im nächsten Abschnitt auf Grund unserer Beobachtungen der Zusammenhang zwischen der spektralen Lage der Fluoreszenz und der chemischen Konstitution (Substitution und Kondensation) von Benzolderivaten erörtert wird, sei hier zum Schluß noch einmal kurz auf den Zusammenhang zwischen Absorption und Fluoreszenz hingewiesen.

In der nachstehenden Tabelle sind für eine Reihe von Substanzen aus Kaysers Handbuch der Spektroskopie Angaben über ihr Absorptionsspektrum und aus der obigen Tafel Angaben über ihr Fluoreszenzspektrum zusammengestellt. Aus ihr ist das Parallelgehen von

Substanz	Absorptionsspektrum	Fluoreszenzspektrum
Benzol	7 Bänder 233—271 $\mu\mu$	4 Bänder 267—310 $\mu\mu$
Naphtalin	4 Bänder 242—320 $\mu\mu$	9 Bänder 314—357 $\mu\mu$
Anthrazen	4 Bänder 320—380 $\mu\mu$	4 Bänder 380—450 $\mu\mu$
Phenanthren	6 Bänder 232—375 $\mu\mu$	17 Bänder 298—453 $\mu\mu$
Brenzkatechin	Band 242—291 $\mu\mu$	Band 288—404 $\mu\mu$
Resorzin	Band 242—287 $\mu\mu$	Band 292—430 $\mu\mu$
Hydrochinon	Band 257—317 $\mu\mu$	Band 313—450 $\mu\mu$
Phtalsäure	Band Maximum bei 280 $\mu\mu$	Band 297—346 $\mu\mu$
Fluoreszein	Band 422—520 $\mu\mu$	2 Bänder 482—562 $\mu\mu$

Absorption und Fluoreszenz ersichtlich; ferner erkennt man, daß für alle Substanzen im Sinne der vorausgehenden Abhandlung die „reduzierte Stokessche Regel" gilt.

II.

Die vorstehend mitgeteilten Beobachtungen sind noch lückenhaft und sollen weiter ausgedehnt werden. Nur der Umstand, daß wir augenblicklich durch andere Arbeiten genötigt sind, diese Untersuchungen für einige Zeit zu unterbrechen, veranlaßt uns, die bisherigen Ergebnisse schon jetzt zur Kenntnis zu bringen. Durch sie ist die Fluoreszenz als eine gemeinsame Eigenschaft aller Benzolderivate festgestellt worden.[1]) Denn das Auftreten dieser Erscheinung im sichtbaren oder unsichtbaren Teile des Spektrums ist offenbar nicht von grundlegender Bedeutung. — Kondensation mehrerer Benzolkerne, wie sie im Naphtalin, im Anthrazen und Phenanthren vorliegt, bewirkt eine Verschiebung des Fluoreszenzspektrums nach den Regionen größerer Wellenlänge; beim Anthrazen und Phenanthren bis in den sichtbaren Teil des Spektrums. Im gleichen Sinne wirkt der Eintritt substituierender Gruppen, wofür

1) Vgl. dazu: W. Spring, Acad. roy. de Belg. 1897, 180; ferner L. Francesconi u. G. Bargellini, Atti R. Accad. Linc. Rom. (5) 15, II, 184; Chem. Centralblatt 1906, II, 1240.

die Fluoreszenzspektren der drei Dioxybenzole im Vergleich mit dem des Benzols einen deutlichen Beleg abgeben. Besonders wirksam in dieser Richtung ist der aus 5 Kohlenstoff- und einem Sauerstoffatome bestehende Pyronring:

Während das Fluoreszenzspektrum des Benzophenons noch ganz im Ultraviolett liegt, ist es beim Xanthon und seinen Derivaten ganz oder teilweise in den sichtbaren Teil des Spektrums gerückt:

Benzophenon. Xanthon.

Vor längerer Zeit hat der eine von uns [1]) die Beziehungen zwischen Fluoreszenz und chemischer Konstitution auf Grund eines ziemlich umfassenden, aber nur qualitativen Materials einer Erörterung unterzogen. Dabei wurde jedoch nur die Tatsache und die subjektiv wahrnehmbare Stärke der Fluoreszenz berücksichtigt, nicht aber die Wellenlänge des Fluoreszenzlichtes. Die Ergebnisse dieser Untersuchung wurden in 5 Sätzen zusammengefaßt, deren erste lauteten:

„1. Die Fluoreszenz organischer Verbindungen wird durch die Anwesenheit ganz bestimmter Atomgruppen in ihrem Moleküle veranlaßt, welche als Fluorophore bezeichnet werden können. Solche Gruppen sind besonders gewisse sechsgliedrige, meist heterozyklische Ringe, wie der Pyron-, der Azin-, Oxazin-, Thiazinring, sowie die im Anthrazen und Akridin enthaltenen Atomringe.

2. Das Vorhandensein der fluorophoren Gruppen allein ruft die Fluoreszenz noch nicht hervor; es ist vielmehr erforderlich, daß diese Gruppen zwischen andere, dichtere Atomkomplexe, z. B. zwischen Benzolkerne, gelagert sind."

Die 3 hierauf folgenden Sätze berücksichtigten den Einfluß der Substitution, der Isomerie und des Lösungsmittels.

Nach den im vorstehenden mitgeteilten Beobachtungen ist der Träger der Fluoreszenz der Benzolkern selbst; die fluorophoren Gruppen — zu denen auch der Pyronring gehört — haben nur in besonderem Grade die Wirkung, die Schwingungen des Fluoreszenzlichtes zu verlangsamen, und es dadurch für unser Auge sichtbar zu machen. Ein sehr kräftiger Fluorophor könnte die Fluoreszenz schließlich bis ins Ultrarot verschieben, wodurch sie für die gewöhnliche Wahrnehmung wieder verschwinden würde.

Demnach zeigen die Beziehungen zwischen chemischer Konstitution und Fluoreszenz bei organischen Verbindungen einen sehr bemerkenswerten Parallelismus zu denjenigen zwischen Konstitution und Absorption. Über diese haben sich seit Jahrzehnten gewisse Vorstellungen herausgebildet, welche dem Farbenchemiker längst als wertvolle Anhaltspunkte für die Auffindung neuer Farbstoffe gedient haben. Aber erst durch die umfassenden und systematischen spektroskopischen Untersuchungen W. N. Hartleys, welche sich, im Gegensatze zu den meisten früheren Arbeiten, auch auf das ultraviolette Gebiet erstreckten, ist die Grundlage für eine exakte Behandlung dieser Frage geschaffen worden. Am Schlusse des von ihm verfaßten Kapitels 3 im dritten Bande von H. Kaysers Handbuch der Spektroskopie [1]) spricht er sich darüber folgendermaßen aus.

„Jedes Benzolderivat, welches nicht eine additive Verbindung ist, läßt sich in eine farbige Substanz umwandeln, wenn man es chemischen Reaktionen unterwirft, welche ein oder mehr Absorptionsbänder in das sichtbare Gebiet verschieben. Die Farbe dieser Verbindungen rührt daher von der besonderen Schwingungsart des Benzolringes her. Aber die Schwingungen eines gewöhnlichen Benzolmoleküls äußern sich nicht innerhalb der sichtbaren Strahlung; um sie dahin zu verlegen, müssen wir einen der zwei folgenden chemischen Prozesse anwenden: An Stelle eines oder mehrerer *H*-Atome des Ringes werden farbengebende Gruppen substituiert, welche die Schwingungen des Benzols zu dämpfen vermögen; oder die Kohlenstoffatome werden noch weiter kondensiert, indem man zwei oder mehr Benzolringe vereinigt, oder auch Atomkomplexe statt *H* in den Ring einführt."

Hartleys Betrachtungen sind kürzlich in besonders eindrucksvoller Weise von A. v. Baeyer zur Beleuchtung der Farberscheinungen in der Triphenylmethanreihe herangezogen worden. [2])

Die beiden obigen Sätze 1 und 2, nach welchen die Anwesenheit einer fluorophoren Gruppe die Fluoreszenz hervorruft, aber nur, wenn sie zwischen dichtere Atomkomplexe, insbesondere zwischen Benzolkerne gelagert ist, müssen nun im Sinne der neu gewonnenen Erkenntnis modifiziert werden. Durch sie finden auch H. Kauffmanns „Luminophore und Fluoogene" [3]) eine naturgemäße Erläuterung.

Von besonderer Art ist das Spektrum des Fluoreszeins in Alkohol. Es besteht aus zwei getrennten Teilen: der eine liegt fast ganz im Ultraviolett und entspricht dem freilich intensiveren und extensiveren Spektrum seiner

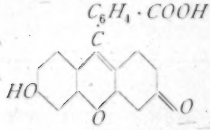
1) R. Meyer, Zeitschr. f. physik. Chem. **24**, 468, 1897; Berichte d. Deutsch. chem. Gesellsch. **31**, 510 1898; **36**, 2967, 1903.

1) Leipzig 1905, S. 313.

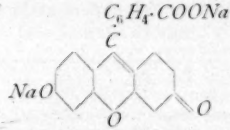
2) Festvortrag, gehalten bei der Hauptversammlung des Vereins Deutscher Chemiker zu Nürnberg am 7. Juni 1906; Zeitschr. f. angew. Chemie **19**, 1287, 1906.

3) Die Beziehungen zwischen Fluoreszenz und chemischer Konstitution; Ahrens' Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge XI, 1/2, S. 33; Ann. d. Chemie **344**, 30, 1905.

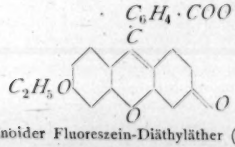
Muttersubstanz, des Fluorans; der andere liegt im Grün, er ist ohne weiteres dem Auge in ausgezeichneter Weise sichtbar. In diesem Punkte unterscheidet sich das Fluoreszein scharf von dem isomeren Hydrochinonphtalein und vom Phenolphtalein. Diese Abweichung trifft zusammen mit einer solchen in den Absorptionsverhältnissen und im chemischen Charakter dieser Körper. Denn Fluoreszein ist gelb, sowohl im freien Zustande wie in seinen Salzen; die beiden anderen Phtaleine dagegen sind im freien Zustande farblos, bilden aber intensiv rote, bezw. violette Alkalisalze. Und dann ist Fluoreszein ein ausgesprochen tautomerer Körper, von dem sich zwei Reihen von Derivaten ableiten, eine farblose und eine farbige. Nach den heutigen Vorstellungen über den Ursprung der Farbe bei organischen Verbindungen schreibt man daher dem Fluoreszein und seinen farbigen Abkömmlingen eine chinoide Formel zu:



Fluoreszein (gelbrot).

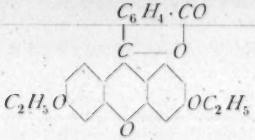


Fluoreszein-Natrium (gelb).

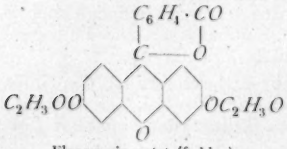


Chinoider Fluoreszein-Diäthyläther (gelb).

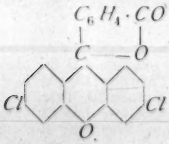
Die farblosen Derivate aber werden laktoid formuliert:



Laktoider Fluoreszein-Diäthyläther (farblos).

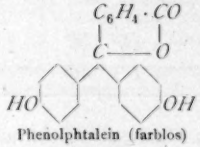


Fluoreszeinacetat (farblos)

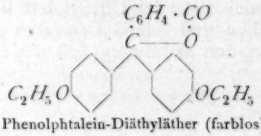


Fluoreszeinchlorid (farblos).

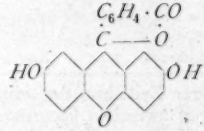
Ganz anders verhält sich Phenol- und Hydrochinonphtalein. Sie lassen diese Tautomerie nicht so leicht erkennen: im freien Zustande farblos, bilden sie auch fast nur farblose Äther. Über die laktoide Natur dieser Verbindungen herrscht keine Meinungsverschiedenheit:



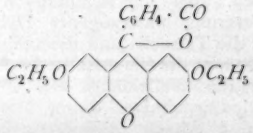
Phenolphtalein (farblos)



Phenolphtalein-Diäthyläther (farblos).

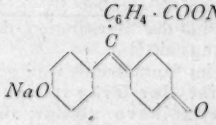


Hydrochinonphtalein (farblos).

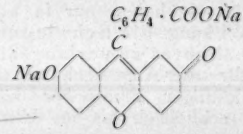


Hydrochinonphtalein-Diäthyläther (farblos).

Dagegen besteht bei vielen Chemikern die Ansicht, daß die intensiv gefärbten Salze dieser Phtaleine chinoid konstituiert sein müssen. Beim Phenolphtalein bot diese Annahme zunächst keine besonderen Schwierigkeiten, und schien sogar durch das Experiment gestützt zu werden. Beim Hydrochinonphtalein aber führte sie zu einer metachinoiden Formulierung der Salze:



Phenolphtaleinnatrium (rot).



Hydrochinonphtalein-Natrium (violett).

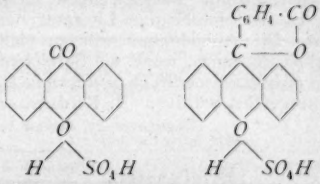
Die letztere Folgerung erregte Bedenken, weil Metachinone ganz unbekannt sind und deshalb

bisher für nicht existenzfähig gehalten wurden. Es ist hier nicht der Ort, auf diese Frage näher einzugehen, welche gerade in den letzten Jahren die experimentelle Forschung lebhaft beschäftigt hat und noch keineswegs erledigt ist.[1])

Fluoreszein enthält den Pyronring und fluoresziert (d. h. sichtbar), Phenolphtalein enthält ihn nicht und fluoresziert nicht (d. h. nicht sichtbar). Hieraus wurde seinerzeit auf die fluorophoren Funktionen des Pyronringes geschlossen. Die (scheinbare) Nichtfluoreszenz des Hydrochinonphtaleins führte zu der Vermutung, daß es, ebenso wie das ihm so ähnliche Phenolphtalein, den Pyronring nicht enthält. Eine eingehende Untersuchung hat aber, entgegen der Erwartung, die Anwesenheit des Pyronringes im Molekül des Hydrochinonphtaleins unzweifelhaft erwiesen.[2]) Sein abweichendes optisches Verhalten wurde darnach auf die Stellung der in ihm enthaltenen Hydroxylgruppen zurückgeführt, eine Schlußfolgerung, welche in anderen Gruppen ähnlich konstituierter Benzolkörper, so besonders in der Reihe des Xanthons[3]), Bestätigung fand.

Immerhin bietet das besondere Verhalten des Fluoreszeins dem Verständnis noch eine gewisse Schwierigkeit, deren Lösung erst von weiteren Untersuchungen zu erwarten ist. Auch ein Erklärungsversuch von J. T. Hewitt[4]), welcher die Fluoreszenz organischer Verbindungen auf Tautomerie zurückführt, kann, da sich wohl einiges für ihn, manches aber auch gegen ihn sagen läßt, nicht als eine Lösung der Frage gelten.

Einer kurzen Erläuterung bedürfen noch die Fluoreszenzspektren des Fluorans und Fluoreszeins in konzentrierter Schwefelsäure. Dasjenige des Fluoreszeins ist dem Spektrum desselben Körpers in Alkohol durchaus ähnlich und unterscheidet sich in erheblicherem Maße anscheinend nur durch das Fehlen des ultravioletten Teiles. Vermutlich ist dieser aber auch vorhanden und nur schwächer, so daß er erst bei längerer Expositionszeit zum Vorschein kommen würde. Dasselbe gilt wahrscheinlich von dem Schwefelsäurespektrum des Fluorans. Um so größer ist aber hier der Unterschied gegenüber dem Spektrum desselben Körpers in Alkohol. Denn in diesem ist gerade der ultraviolette Teil sehr ausgedehnt und erstreckt sich weit ins Violett des sichtbaren Spektrums, während ihm der grüne Spektralstreifen vollkommen fehlt. Mit dem bloßen Auge ist in der farblosen alkoholischen Fluoranlösung überhaupt keine Fluoreszenz wahrzunehmen, während sich Fluoran in Schwefelsäure mit gelber Farbe und einer grünen Fluoreszenz löst, welche diejenige der schwefelsauren Fluoreszeinlösung an Stärke erheblich übertrifft. Hewitt hat die Fluoreszenz des Fluorans, und ebenso diejenige des ihm nahestehenden Xanthons in schwefelsaurer Lösung durch die Anwesenheit von Sulfaten erklärt, deren Existenz er tatsächlich nachgewiesen hat.[1]) Diese Sulfate entstehen durch Anlagerung des Schwefelsäuremoleküls an den Pyronsauerstoff, welcher durch den Einfluß der starken Säure basisch und vierwertig wird:



Solche Salze sind von A. v. Baeyer an einer Anzahl ähnlicher Verbindungen studiert und als Oxoniumsalze bezeichnet worden. Von den Oxoniumsalzen des Xanthons und Fluorans nimmt Hewitt an, daß sie in zwei tautomeren Formen auftreten können, wodurch nach seiner Theorie ihre Fluoreszenz bedingt sein soll. Auch wenn man ihm in dieser Folgerung nicht zustimmt, so kann man doch in der Anwesenheit solcher Oxoniumsalze in den schwefelsauren Lösungen des Xanthons und Fluorans eine Erklärung finden für deren so völlig abweichendes Verhalten gegenüber den Lösungen derselben Körper in Alkohol und ähnlichen Lösungsmitteln.

Der in der vorstehenden Untersuchung verwendete Quarzspektrograph wurde uns von Herrn Dr. Hauswaldt zur Verfügung gestellt. Hierfür danken wir ihm auch an dieser Stelle. Ebenso sind wir Herrn Prof. Zenneck in Braunschweig für Überlassung von Räumen und Hilfsmitteln seines Instituts zu Dank verpflichtet.

1) R. Meyer und O. Spengler, Berichte d. Deutschen chemischen Gesellschaft **36**, 2949, 1903; **38**, 1318, 1905; A. G. Green und A. G. Perkin, Journ. chem. Soc. London **85**, 398, 1904; A. G. Green und P. E. King, Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft **39**, 2365, 1906; R. Meyer und K. Marx, Unpublizierte Beobachtungen. Vgl. ferner A. Hantzschs Untersuchungen über chinoide aci-Nitrophenoläther, Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch. **39**, 1073, 1084, 1906 etc.

2) R. u. H. Meyer, Berichte d. Deutsch. chem. Gesellschaft **28**, 2959, 1895; R. Meyer u. L. Friedland, ebendaselbst **31**, 1739, 1898.

3) R. Meyer, Zeitschr. f. physik. Chem. **24**, 490, 1897.

4) Zeitschrift f. physik. Chem. **34**, 1, 1900.

1) Proc. Chem. Soc. **18**, 86, 1902.

Hannover und Braunschweig, März 1907.

(Eingegangen 22. März 1907.)

BESPRECHUNGEN.

Phil. Häfner, Stromverteilungssysteme und Berechnung elektrischer Leitungen. (Repetitorien der Elektrotechnik. IX. Bd.) 8. VIII u. 326 S. mit 276 Abbildungen. Hannover, Dr. M. Jänecke. 1906. M. 8.—, in Leinen gebunden M. 8.60.

Das Buch gibt eine vortreffliche Einführung in das Gebiet der elektrischen Leitungsberechnung. Besonders eingehend sind die Gleichstromnetze und die wirtschaftliche Anlage und Projektierung derselben behandelt, jedoch findet man auch über Wechselstromanlagen und Fernleitungen alles Wissenswerte zusammengestellt. Das Hauptaugenmerk legt der Verfasser bei allen Überlegungen und Rechnungen natürlich auf die Bedingung des Kostenminimums, des wirtschaftlichen Querschnitts und der günstigsten Spannung; überall dort, wo der beschränkte Raum tiefergehende Entwicklungen nicht gestattet, ist die einschlägige Literatur namhaft gemacht. Die Abbildungen würden vielleicht an Klarheit gewinnen, wenn die Bezeichnungen in ihnen nicht handschriftlich, sondern in Druckschrift ausgeführt würden. R. Rüdenberg.

(Eingegangen 23. Februar 1907.)

Briefkasten.

Zur Regelation des Eises.

Eine Erscheinung, die während der kalten Februartage dieses Jahres an der hiesigen gynäkologischen Klinik von Herrn Dr. Scheib beobachtet wurde, dürfte vielleicht nicht allgemein bekannt sein. Während einer sehr kalten Nacht (— 19° C) stand eine Flasche Krondorfer Sauerbrunnen (Inhalt $^1/_2$ l) im Raume zwischen den

Fensterscheiben und wurde am Morgen in dem Zustande gefunden, den das vorstehende Bild zeigt, das unmittelbar nach Übersendung der Flasche im Physikalischen Institute der Deutschen Universität angefertigt wurde. Aus dem Flaschenhalse ragte ein ungefähr 13 cm langer und im Durchmesser 1,5 cm (d. i. der Durchmesser des Flaschenhalses) betragender Eisstiel heraus, der seitlich gekrümmt und an dessen Spitze der Stoppel angefroren war. Es dürfte wohl beim Abkühlen der Druck im Innern der Flasche so groß geworden sein, daß das Wasser trotz der bedeutenden Kälte nicht gefror, bis in einem bestimmten Momente der Stoppel herausgedrückt und das hervorquellende Wasser immer unmittelbar nach dem Austritt aus dem Flaschenhalse zu Eis wurde. Die beim Erstarren frei werdende Kohlensäure wirkt bei der Drucksteigerung jedenfalls mit. Dieses schöne Beispiel ist für die Regelation des Eises nicht ohne Interesse.

Edmund Weiß,
Assistent am Physikalischen Institute der K. K. Deutschen Universität in Prag.

(Eingegangen 15. März 1907.)

Berichtigung.

Zu der Arbeit des Herrn Farkas „Über das Postulat der Relativität" diese Zeitschr. **8**, 169, 1907:

in Formel $(1)_1$ soll w_2^1 stehen anstatt w_2;

in Formel (6) in den zwei ersten Zeilen soll w überall mit dem Fußzeichen x vorkommen;

in derselben Formel in der ersten Zeile soll $\frac{\partial t}{\partial \xi'}$ stehen anstatt $\frac{\partial t}{\partial \zeta'}$;

in dem vorletzten Absatze in der fünften Zeile soll w_x stehen anstatt w;

in demselben Absatze gegen die Mitte soll an zwei Stellen $\mathfrak{W}$ stehen anstatt $\zeta\mathfrak{W}$; und gegen das Ende soll ξ (neben K) gestrichen werden.

(Eingegangen 27. März 1907.)

Tagesereignisse.

Preisaufgaben der Fürstl. Jablonowskischen Gesellschaft.

1. Für das Jahr 1907: Es sollen eingehende und einwandfreie experimentelle Untersuchungen angestellt werden, die einen wesentlichen Beitrag zur Feststellung der Gesetze der lichtelektrischen Ströme liefern.

2. Für das Jahr 1908: Es sollen unter Berücksichtigung der den Gegenstand behandelnden Literatur auf experimentellem Wege Beiträge zur Lösung der Frage geliefert werden, von welchen beeinflussenden Verhältnissen bei kristallisierenden Substanzen die Entstehung der verschiedenen einzelnen Kristallformen oder die gegenseitige Kombination derselben abhängig ist oder abhängig sein kann. Es wird gewünscht, daß dabei namentlich solche Substanzen in Betracht gezogen werden, welche eine Verallgemeinerung der gewonnenen Resultate auf die natürlichen Mineralvorkommnisse zulassen würden und deren paragenetische Erscheinungen dem Verständnis näher bringen könnten.

3. Für das Jahr 1910: Die meisten Aufgaben der Elektrostatik sind reduzierbar auf die Ermittelung der Greenschen Massenbelegungen, und es sind daher diese Belegungen für die Theorie der Elektrostatik, sowie überhaupt für die ganze Potentialtheorie von hervorragender Wichtigkeit. Durch neuerdings publizierte Untersuchungen (Berichte der Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss. Math.-phys. Kl. Jahrg. 1906, S. 483—558) dürfte wohl außer Zweifel gesetzt sein, daß in der Theorie des logarithmischen Potentials für jedwede geschlossene

Kurve die dem Innen- und Außenraum entsprechenden beiden Greenschen Belegungen reduzierbar sind auf eine einzige Belegung, auf die sogenannte „Grundbelegung", und daß Analoges auch gelte in der Theorie des Newtonschen Potentials für jedwede geschlossene Oberfläche. Immerhin lassen die in Rede stehenden Untersuchungen bis jetzt noch vieles zu wünschen übrig. Demgemäß stellt die Gesellschaft folgende Aufgabe: Es soll eine Arbeit geliefert werden, durch welche die Theorie der „Grundbelegung" in bezug auf Klarheit und Strenge oder in bezug auf Umfang und Vollständigkeit wesentlich gefördert wird.

Der Preis für jede gekrönte Abhandlung beträgt 1500 Mk.

Der Jahresbericht, der ausführlichere Mitteilungen über die gestellten Preisaufgaben enthält, ist durch den Sekretär der Gesellschaft (für das Jahr 1907 Geheimer Hofrat Professor Dr. Eduard Sievers, Leipzig-Gohlis, Pölitzstr. 26) zu beziehen.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Habilitiert: An der Universität Kiel Dr. Otto Mumm für Chemie, an der Technischen Hochschule Zürich Dr. K. Schild, an der Universität Göttingen Dr. H. Gerdien, beide für Physik.

Ernannt: Der Privatdozent der Chemie an der Universität Leipzig Dr. Heinrich Ley zum a. o. Professor daselbst, der Privatdozent an der Universität München Dr. Eduard von Weber zum a. o. Professor der Mathematik an der Universität Würzburg, der a. o. Professor an der Technischen Hochschule Stuttgart Dr. Heinrich Hohenner zum ord. Professor für Geodäsie an der Technischen Hochschule zu Braunschweig.

Berufen: Der Privatdozent an der Technischen Hochschule Karlsruhe Dr. Walter Ludwig zum ord. Professor der darstellenden Geometrie an der Technischen Hochschule Braunschweig, der Dozent für Chemie im Amhorst College Robert M. Chapin zum Assistenten für Chemie an das Bureau of Animal Industry in Washington, der a. o. Professor an der Universität Göttingen Dr. Ludwig Prandtl zum o. Professor der Technischen Mechanik an der Technischen Hochschule Stuttgart.

Verliehen: Dem ersten Assistenten in dem elektrotechnischen Laboratorium der Technischen Hochschule zu Berlin Dr. Franz Peters das Prädikat als a. o. Professor.

Gestorben: Der o. Professor der Chemie an der Universität Halle Dr. Oskar Doebner, der Vorstand der städtischen Elektrizitätswerke in München Baurat F. Uppenborn, der Professor der Chemie in Rom Dr. Giacomo del Torre, der Professor für Maschinenbaukunde an der Technischen Hochschule in München Dr. Georg Ultsch.

Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1907.

Technische Hochschule Aachen.

Wüllner: Experimentalphysik II: Licht und Wärme, 6; Physik in mathematischer und experimenteller Behandlungsweise, 3; Übungen im physikalischen Laboratorium (mit Seitz, Bernoulli und Nordmeyer), tägl. — **Seitz:** Experimentalphysik: Wärme, Schall, Licht, 2. — **Polis:** Klimatologie, 2; Ausgewählte Kapitel der Meteorologie II, 1; Meteorologische Technik, mit Übungen, 1. — **Grotrian:** Allgemeine Elektrotechnik, 5; Theoretische Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Praktikum, 8. — **Rasch:** Elektrische Bahnen, 3; Einleitung in die Elektrotechnik, 2; Konstruktionslehre der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 2. — **N. N.:** Elektrische Leitungsanlagen, 2. — **Finzi:** Ausgewählte Kapitel aus der Elektrotechnik, 1; Die magnetischen Eigenschaften des Eisens, 1; Elektromotorische Antriebe in Berg- und Hüttenwerken. — **Junkers:** Wärmetechnik, 2, Übungen, 2; Maschinen-Laboratorium I, Übungen, 4, II, 1, Übungen, 4. — **Köchy:** Grundzüge des Lokomotivbaues, 1; Lokomotivbau, Übungen, 2; Eisenbahnbetriebs- und Sicherungsanlagen, 2, Übungen, 2; Eisenbahnwagenbau, 2; Allgemeine Transportanlagen, 4, Übungen, 4. — **Langer:** Maschinenelemente einschließlich Kinematik, 1, Übungen, 5; Rotierende Kraft- und Arbeitsmaschinen, 3, Übungen, 4; Verbrennungsmaschinen, 3, Übungen, 4. — **Rötscher:** Einleitung in den Maschinenbau, 2, Übungen, 6; Mechanische Technologie, 3; Lasthebemaschinen, 3, Übungen, 4. — **Wallichs:** Arbeitsmaschinen, 4, Übungen, 6; Werkzeugmaschinenbau und Maschinenfabrikation, 3, Übungen, 4. — **Lutz:** Abriß des Maschinenbaus, 4, Übungen, 4. — **Stauber:** Energiegewinnung und -Verteilung, 2, Konstruktionsübungen (mit Schloßhauer), 4. —

Bredt: Organische Experimentalchemie I, 6; Organisches Praktikum (mit Levy). — **Classen:** Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 4; Anorganisches Praktikum (mit Clören, Fischer, Köster, Salm und Witte); Elektrotechnisches Praktikum. — **Rau:** Chemische Technologie, 4; Entwerfen von chemischen Apparaten und Fabrikanlagen, 4; Chemisch-technisches Praktikum (mit Strutz und Hahn). — **Schenck:** Physikalische Chemie, 2. — **Kapff:** Chemische Technologie der Gespinstfasern, 2. —

Blumenthal: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Furtwängler:** Höhere Mathematik III, 3; Elemente der Differential- und Integralrechnung mit Übungen, 5; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Kötter:** Darstellende Geometrie, 4, Zeichnen, 4; Elemente der darstellenden Geometrie, 2, Zeichnen, 2. — **Reißner:** Mechanik I, 4, Übungen, 1, II, 3, Übungen, 1. — **Haußmann:** Markscheiden und Feldmessen, 3, Übungen, 1 Tag; Markscheiderische Zeichen- und Rechen-Übungen, 2; Ausgleichungsrechnung, 1, Übungen, 2; Markscheiderisches Seminar, 2. — **Schumann:** Praktische Geometrie I, 3, II, 2; Geodätisches Praktikum I, 2; Planzeichnen und Geodätisches Praktikum II, 4; Geographische Ortsbestimmung, 2; Eisenbahntrassieren, 2. —

Universität Basel.

A. Hagenbach: Experimentalphysik I: Mechanik, Molekularkräfte und Akustik, 6; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Veillon), 8, für Fortgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **E. Hagenbach-Bischoff:** Behandlung physikalischer Aufgaben, 2 *g*. — **VonderMühll:** Einleitung in die mathematische Physik, 5 (1 *g*), Übungen, 2 *g*; Ein Kapitel der mathematischen Physik, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 2 *g*. — **Veillon:** Experimentelle Meßmethoden, 1 *g*. —

Nietzki: Chemisches Vollpraktikum (mit Rupe und Fichter), tägl.; Chemie der aromatischen Reihe, 3; Chemisches Kränzchen (mit Rupe und Fichter), 1 *g*. — **Rupe:** Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 6. — **Fichter:** Anorganische Experimentalchemie, 6; Analytisches Halbpraktikum für Anfänger, 9. — **Kreis:** Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Übungen in der Untersuchung von Lebensmitteln, 4; Arbeiten im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. — **Nienhaus:** Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 6; Pharmazeutisches Kränzchen, 1 *g*. — **Müller:** Stöchiometrie und chemische Energie, 2. — **Beuttner:** Pharmakognosie, 2; Pharmazeutische Chemie, 3; Mikroskopische Übungen der Pharmakognosie, 2. —

Kinkelin: Anwendungen der Differential- und Integralrechnung, 3; Bestimmte Integrale, 3; Zahlentheorie, 3. — **Riggenbach:** Populäre Astronomie des Planetensystems, 2; Astronomische Übungen, 2 *g*. — **Spieß:** Grundbegriffe der Mathematik II, 3. — **Großmann:** Projektive Geometrie, 3. —

Universität Berlin.

Rubens: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5, mathematische Ergänzung, 1 *g*; Arbeiten im Physikalischen Laboratorium für Geübtere (mit Wehnelt), tägl. — **Planck:** Mechanik deformierbarer Körper, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 1 *g*. — **Wehnelt:** Physikalisches Praktikum für Anfänger II: Elektrizität und Magnetismus, 7, für Pharmazeuten, 3, theoretische und experimentelle Ergänzungen, 1 *g*. — **Slaby:** Elektromechanik II, 4; Funkentelegraphie, 2. — **Warburg:** Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Physik, 2. — **Blasius:** Praktische Übungen für Anfänger I: Mechanik, Akustik, Wärme, Optik

7; Praktischer Kursus für Mediziner, $3^1/_2$; Übungen im Anschluß an den I. Teil des Praktikums, 1 *g*. — **Neesen**: Geometrische Optik, 2. — **E. Meyer**: Technische Physik der Verbrennungskraftmaschinen, 2. — **Krigar-Menzel**: Theoretische Physik VI, 4. — **Weinstein**: Die elektrische Leitung in Metallen und Elektrolyten, 3; Die Entstehung der Welt und der Erde nach Sage und Wissenschaft, 1 *g*. — **Aschkinaß**: Die Radioaktivität, mit Experimenten, 1. — **Martens**: Experimentalphysik, 4. — **Börnstein**: Experimentalphysik II, 3; Das Wetter und seine Voraussagung, 1 *g*; Physikalische Übungen, 4; Physikalische Arbeiten für Geübtere, tägl. — **Fock**: Einleitung in die Chemie und Physik, 1; Elemente der Kristallographie, 2. — **Gehrcke**: Theorie der Wechselströme, 1. — **Grüneisen**: Absolute Messungen, 1 *g*. — **v. Ihering**: Maschinenkunde, mit Übungen, 4. — **Valentiner**: Über die theoretischen und experimentellen Untersuchungen auf dem Gebiete der Wärmestrahlung, 2. — **Kiebitz**: Atmosphärische Elektrizität, 1 *g*. — **N. N.**: Kolloquium, 1 *g*; Meteorologische Übungen: a) für Anfänger, 3, b) für Geübtere, 9—15. — **Hellmann**: Meteorologie I: Instrumente und Beobachtungsmethoden, 2; Klimatologische Übungen, 1 *g*. — **Leß**: Einführung in die Klimatologie, 1; Über die jeweiligen Witterungsvorgänge, 1 *g*. — **Scheffer**: Angewandte wissenschaftliche Photographie, mit praktischen Übungen und Demonstrationen, 1. —

E. Fischer: Praktische Arbeiten im chemischen Universitäts-Laboratorium (mit Gabriel, Pschorr, Stock, O. Diels und F. Fischer), tägl. — **Nernst**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Entwicklung der neueren Atomistik, 1 *g*; Physiko-chemisches Kolloquium (mit Bodenstein), 1 *g*; Praktische Übungen und Arbeiten im physikalisch-chemischen Laboratorium a) anorganisch-chemisches Praktikum (mit Marckwald), tägl., b) physiko-chemische Übungen, 7, c) physikochemische Arbeiten (mit Bodenstein), tägl. — **van't Hoff**: Ausgewählte Kapitel der allgemeinen Chemie, 1 *g*. — **Wichelhaus**: Technologie für Chemiker, mit Experimenten und Exkursionen, 4; Übungen im Technologischen Institut, tägl. — **Pinner**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Organische Experimentalchemie, 4. — **Liebermann**: Organische Experimentalchemie II: Aromatische Reihe, Farbstoffe, Alkaloide, Terpene etc., 5; Praktische Übungen im organisch-chemischen Laboratorium, tägl. — **Thoms**: Pharmazeutische Chemie: Organischer Teil, mit Experimenten, 4; Grundzüge der Nahrungsmittelchemie, $1^1/_2$; Praktische Übungen im Pharmazeutischen Institut (mit Traube), tägl. — **Biedermann**: Technische Chemie I: Die anorganischen Stoffe, mit Demonstrationen, 4. — **Gabriel**: Organische Experimentalchemie, 5. — **Bodenstein**: Chemische Kinetik: Reaktionsgeschwindigkeit und Katalyse, 2. — **Löb**: Elektrochemie I: Anorganischer Teil, 1; Physikalische Chemie für Biologen und Mediziner, 1 *g*. — **Schotten**: Ausgewählte Kapitel der physiologischen und technischen Chemie, 2. — **Marckwald**: Stereochemie, 1. — **Rosenheim**: Anorganisch-chemisches Praktikum (mit R. J. Meyer und Koppel), tägl.; Praktische Übungen in der Maß- und Gasanalyse, 3. — **Traube**: Quantitative chemische Analyse, 1. — **v. Buchka**: Geschichte der Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, mit Berücksichtigung der einschlägigen Gesetzgebung, 4. — **Emmerling**: Chemische und mikroskopische Wasseranalyse, 1. — **R. J. Meyer**: Chemie und technische Verwertung der selteneren Elemente, mit Experimenten, 2. — **Buchner**: Überblick der organischen Experimentalchemie, 3; Die Gärungstheorien, mit Experimenten, 1; Anorganisch- und organisch-chemisches Praktikum (mit Meisenheimer), tägl. — **Pschorr**: Chemie der Alkaloide, 1. — **Spiegel**: Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der Arzneimittel, 1 *g*; Praktische chemische Übungen im Pharmakologischen Institut (mit Liebreich), tägl. — **Neuberg**: Praktisch-chemischer Kursus für Mediziner (mit Salkowski), 6; Chemie der Eiweißkörper, 1; Die chemischen Vorgänge im Tierkörper, 1 *g*. — **Sachs**: Chemie der Farbstoffe, 1. — **Koppel**: Kolloquium über allgemeine und physikalische Chemie, $1^1/_2$. — **O. Diels**: Die wichtigsten Arbeitsmethoden der organischen Chemie, 1. — **Stock**: Kolloquium über anorganische Chemie, 1. — **Meisenheimer**: Anleitung zu chemischen Schulversuchen, 2. — **Jacobson**: Besprechung chemischer Tagesfragen, 1. — **F. Fischer**: Einführung in die physikalische Chemie, 1. — **Byk**: Physikalische Chemie der photographischen Prozesse, 1. — **Großmann**: Die Bedeutung der chemischen Technik für das deutsche Wirtschaftsleben I: Die chemische Großindustrie, 1; Kolloquium über moderne Probleme der anorganischen Chemie, mit besonderer Berücksichtigung der Wernerschen Theorie, 1. — **Ehrlich**: Chemie und Technologie der landwirtschaftlichen Industrien: Zucker, Spiritus, Bier, etc., 1. — **Köthner**: Periodengesetz und periodisches System, 1 *g*. — **Laue**: Kinetische Gastheorie, 2. —

H. A. Schwarz: Integralrechnung, 4, Übungen, 14 tägig, 2 *g*; Theorie der elliptischen Funktionen, 4; Ausgewählte Kapitel der Theorie der analytischen Funktionen, 2 *g*; Mathematisches Kolloquium, 14 tägig, 2 *g*; Mathematisches Seminar (mit Frobenius und Schottky), 2 *g*. — **Frobenius**: Theorie der algebraischen Gleichungen II, 4. — **Schottky**: Potentialtheorie, 4; Spezielle Funktionentheorie, 4. — **Knoblauch**: Über Leonhard Eulers Werke und ihre Bedeutung für die neuere Mathematik, 4; Theorie der krummen Flächen II, 4; Theorie der Raumkurven II, 1 *g*. — **Lehmann-Filhés**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1 *g*. — **Hettner**: Über Fouriersche Reihen und Integrale, 2. — **Landau**: Variationsrechnung, 3; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 1 *g*. — **Schur**: Theorie der Determinanten, 4. — **Foerster**: Fundamentale Ausgleichung von Zeit- und Raum-Messung, 2; Geschichte der neueren Astronomie, 2 *g*; Zufall und Aberglauben, 1 *g*. — **Helmert**: Geodätische Dreiecke, 1; Figur der Erde, 1 *g*. — **Struve**: Praktische Astronomie, 3; Übungen im Seminar, 1 *g*. — **Bauschinger**: Theorie der Störungen, 3; Interpolationsrechnung und mechanische Integration, 1 *g*. — **Scheiner**: Reduktion photographischer Sternaufnahmen, 1; Astrophysikalisches Kolloquium, 1 *g*. — **Marcuse**: Theorie und Anwendung astronomischer Instrumente, $1^1/_2$; Einführung in die astronomische Geographie und Erdphysik, $1^1/_2$. — **Ristenpart**: Der Merkursdurchgang 1907 und verwandte Erscheinungen, 1; Gemeinverständliche Himmelskunde, $1^1/_2$. —

Technische Hochschule Berlin.

Dolezalek: Experimentalphysik, 4; Übungen im physikalischen Laboratorium: Physikalische Messungen, 4. — **Kurlbaum**: Experimentalphysik, 4; Physikalische Übungen, 4, für Chemiker, 2. — **Grunmach**: Magnetische und elektrische Maßeinheiten und Meßmethoden, 2; Physikalische Maßbestimmungen und Meßinstrumente, 4. — **Kalischer**: Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik I, 2; Elektromagnetismus und Induktion mit besonderer Berücksichtigung der Elektrotechnik, 4; Grundzüge der Elektrochemie, 2. — **Krigar-Menzel**: Theorie des Lichtes, 4; Theorie der Wärmeleitung und der Strahlung, 2. — **Gleichen**: Einführung in die praktische Optik und Anleitung zur Konstruktion optischer, photographisch-optischer und ophthalmologischer Instrumente, 2. — **Groß**: Mechanische Wärmetheorie, 4; Ausgewählte Kapitel aus der mechanischen Wärmetheorie, 2; Einleitung in die Potentialtheorie, 2; Theorie des Galvanismus, 2; Gastheorie, 2; Grundzüge der Energetik, 2. — **Petzoldt**: Grundbegriffe der Mechanik, 1 *g*. — **Kaßner**: Meteorologische Einleitung in die Lehre vom Hoch- und Tiefbau: Windfahnen, Blitzableiter usw., 1. — **Miethe**: Spektralanalyse, mit Übungen, 2; Photochemie und photomechanische Prozesse, 2; Konstruktionstypen photographisch-optischer Instrumente, 1; Praktische Arbeiten im photochemischen Laboratorium, tägl.; Photographische Übungen in den gebräuchlichen Prozessen, 16. — **Byk**: Theoretische Photochemie I: Chemische Optik, Zusammenhang zwischen optischen Eigenschaften und Konstitution, 1. — **Slaby**: Elektromechanik, 4; Funkentelegraphie, 2; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium (mit W. Wedding), 4 Tage. — **W. Wedding**: Einführung in die Elektrotechnik, 4; Übungen, 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2; Beleuchtungstechnik, 2. — **W. Reichel**: Elektromaschinenbau, 2, Übungen, 8; Übungen im elektrotechnischen Versuchsfeld, 4 bezw. 8; Elektrische Bahn- und Kraftanlagen, 2, Übungen, 3. — **Klingenberg**: Projektierung elektrischer Anlagen, 2, Übungen, 4. — **Strecker**: Elektrotelegraphie, 2. — **Benischke**: Wechselstromtechnik, 4. — **Breslauer**: Berechnung und Prüfung elektrischer Maschinen nach den in der Praxis herrschenden Gepflogenheiten, 2; Die in der Praxis gebräuchlichen Diagramme der Wechselstrommaschinen und -motoren einschließlich der kommutierenden Einphasenmotoren, 1. —

Kallmann: Betriebstechnik der elektrischen Beleuchtungs-Kraft- und Bahnanlagen, 2; Elektrische Einrichtungen moderner Zentralen und Leitungsnetze, 2. — **v. Koch**: Kollektormotoren für Einphasen-Wechselstrom, 2. — **Servus**: Einführung in das Studium der Elektrotechnik, 2; Die Grundgesetze der Wechselstromtheorie, 2; Theorie der elektrischen Schwingungen, 1. — **Vogel**: Blitzableiter und elektrische Sprengmethoden, 2. — **Zehme**: Wechselstrom-Bahnen, 2; Elektrische Lokomotivbahnen für Kanalschiffahrt, 1. — **Frölich**: Einleitung in die Elektrotechnik für Chemiker, 1. — **Riedler**: Arbeitsmaschinen, 4, Übungen, 4; Verbrennungsmaschinen, Übungen, 4. — **Franz**: Tiefbau-Elemente für maschinentechnische Anlagen, 2, Übungen, 4; Bau-Anlagen für kommunale Maschinenbetriebe im Zusammenhang mit wirtschaftlichen Berechnungen und mit technischer Verwaltung, 2, Übungen, 4. — **W. Hartmann**: Kinematische Geometrie und theoretische Kinematik, 2; Maschinengetriebe: Anwendungen der Kinematik, 2. — **Josse**: Wärmetechnik, 2; Übungen im Maschinenlaboratorium I, 14tägig, 5, II, 6, III, 8. — **Kammerer**: Maschinenelemente, Übungen, 8; Hebemaschinen, 4; Entwerfen von Hebemaschinen, Übungen, 4; Entwerfen von schwierigeren Hebemaschinen und von Maschinen zu Verkehrsanlagen, Übungen, 4. — **Ludewig**: Dampfkessel, 2, Übungen, 4. — **Martens**: Materialprüfungswesen, Übungen, 4. — **E. Meyer**: Mechanik I, 4, Übungen und Festigkeitslaboratorium, 3; Technische Physik der Verbrennungskraftmaschinen, 2. — **Obergethmann**: Eisenbahnmaschinenbau, Fahrzeuge, Betriebs- und Verkehrsanlagen, Oberbau, 2, Übungen, 2; Lokomotiven und Wagen, Bau und Unterhaltung, 1, Übungen, 2; Eisenbahnbetrieb und Signalwesen, 2. — **E. Reichel**: Einleitung in den Maschinenbau, 2, Übungen, 6; Wasserkraftmaschinen, 1, Übungen, 4. — **Schlesinger**: Werkzeugmaschinen, 2, Übungen, 4; Fabrikbetriebe und -Anlagen, mit Seminar, 2, Übungen, 4. — **Schuberg**: Mechanische Technologie, 2; Maschinenkunde I: Maschinenelemente, 1, Übungen im Maschinenzeichnen, 3; Baukonstruktionslehre, 2, Übungen, 4, Konstruktionsübungen für Chemiker I, 1, Übungen, 3. — **Stumpf**: Dampfmaschinenbau, einschließlich Dampfturbinenbau, 4, Übungen, 8. — **Wehage**: Angewandte Dynamik, 2; Angewandte Hydraulik, 2. — **Heinel**: Die Maschinen zur Gas-Verdichtung und Verflüssigung, insbesondere die Kälteerzeugungsmaschinen, 2, Übungen und Seminar, 2. — **Leist**: Technik der Kälteerzeugung, 4; Mechanik I, 4, Übungen, 2. —

v. Knorre: Analytische Chemie: Qualitative Analyse, 2; Praktische Arbeiten im elektrochemischen Laboratorium, tägl.; Angewandte Elektrochemie: Elektrometallurgie, Galvanoplastik und Galvanostegie, quantitative Analyse durch Elektrolyse, 4. — **v. Buchka**: Chemie der Nahrungsmittel mit Berücksichtigung der Nahrungsmittelanalyse und Bakteriologie, 4; Geschichte der Chemie, 2. — **Erdmann**: Experimentalchemie II, 4; Abriß der Experimentalchemie, 2; Praktische Arbeiten im anorganischen Laboratorium, tägl. — **Holde**: Untersuchung der Mineralöle und übrigen Naphthaprodukte: Benzin, Petroleum, Schmieröle, Paraffin usw., 2. — **Liebermann**: Organische Chemie II: Aromatische Reihe, zyklische Verbindungen, Farbstoffe, Alkaloide usw., 5; Praktische Arbeiten im organischen Laboratorium, tägl. — **Traube**: Thermochemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 3; Physikalische Chemie der Lebensvorgänge, 1. — **Witt**: Chemische Technologie I, 4; Glas, Keramik, Apparatenkunde, 4; Praktische Arbeiten im technisch-chemischen Institut, tägl. — **Arndt**: Kolloquium über physikalische Chemie, 1; Einführung in die physikalische Chemie, 2; Grundsätze der physikalischen Chemie in der Technik, 1. — **Binz**: Veredlung der Textilfasern I: Färberei, mit Demonstrationen, 2. — **Börnstein**: Verbrennung und Heizung, 1. — **Hauser**: Mathematische Behandlung chemischer Probleme, 2; Kolloquium über anorganische und analytische Chemie, 2. — **Herzfeld**: Chemie der Ernährung der Kulturpflanzen, 2. — **Hinrichsen**: Chemie der Gase, mit besonderer Berücksichtigung technischer Gasreaktionen, mit Übungen, 2. — **Junghahn**: Technologie der Proteinstoffe: Albumine, 2. — **Jurisch**: Übungen im Entwerfen von chemischen Anlagen, 4; Luftrecht, 1. — **Kühling**: Maßanalyse, 2; Stöchiometrie, 1. — **Simonis**: Repetitorium der organischen Chemie in Form von Kolloquien, 2; Qualitative und quantitative Analyse organischer Verbindungen, 1. — **Stavenhagen**: Einführung in die Experimentalchemie, 2. — **Ullmann**: Ausgewählte Kapitel aus der Farbenindustrie, 1. — **Voswinckel**: Terpene und Kampfer, 1. — **Wolffenstein**: Analyse und Synthesen der organischen Chemie, 2. —

Dziobek: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Haentzschel**: Elemente der Mechanik, 4. — **Hertzer**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4. — **Hettner**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Differentialgleichungen, 2. — **Jolles**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4. — **Lampe**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 2. — **Scheffers**: Darstellende Geometrie II, 5, Übungen, 5. — **Steinitz**: Variationsrechnung, 2; Funktionentheorie II, 2; Niedere Analyse und Algebra, 2; Elemente der darstellenden Geometrie, 2, Übungen, 4. — **Cranz**: Variationsrechnung, 2. — **Hessenberg**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 5. — **Rothe**: Analytische Geometrie, 2, Übungen, 1. — **Wallenberg**: Repetitorium der Differentialrechnung und analytischen Geometrie, 2. — **Werner**: Niedere Geodäsie, 4; Geodätisches Praktikum II, 2; Praktische Übungen im Feldmessen, 4; Planzeichnen, 2; Höhere Geodäsie, 2. —

Universität Bern.

Forster: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Akustik, Optik, 6; Wärmelehre, 1 *g*; Repetitorium der Physik, 2; Theoretisch-praktischer Kurs der Photographie, 3; Physikalisches Praktikum, 4. — **Gruner**: Spektralanalyse der Gestirne, 1. — **Blattner**: Elektrotechnik, 2. —

Friedheim: Spezielle anorganische Chemie, 5; Qualitative und quantitative Analyse: Metalloide, 2; Chemische Technologie der landwirtschaftlichen Gewerbe, 2; Anorganisch-chemisches Praktikum (Halbpraktikum), tägl. außer Sonnabend; Analytisch-chemisches Praktikum für Mediziner, 8; Übungen in der technischen Gasanalyse, 3. — **v. Kostanecki**: Organische Chemie, 6, Repetitorium, 1; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Tambor**: Einführung in die Chemie der organischen Farbstoffe, 2; Repetitorium der karbo- und heterozyklischen Verbindungen, 1. — **Mai**: Anorganisch-chemische Arbeiten; Repetitorium der anorganischen Chemie, 1; Kolloquium über qualitative Analyse, 1. — **Ephraim**: Theoretische Einführung in die Laboratoriumsarbeiten über qualitative Analyse, 1; Die modernen Grundlagen der anorganischen Chemie, 2; Kolloquium über anorganische Chemie, 2. — **Schaffer**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Nachweis der chemischen Konservierung der Nahrungs- und Genußmittel, 1 *g*; Praktische Arbeiten im Laboratorium für Lebensmittelchemie. —

Graf: Besselsche Funktionen mit Repetitorium, 3; Bestimmte Integrale mit Repetitorium, 3; Differentialgleichungen, 2; Differential- und Integralrechnung, 2; Renten- und Versicherungsrechnung, 2; Repetitorium der Elementarmathematik, 3; Mathematisches Seminar (mit Huber), 2. — **Ott**: Differentialrechnung, 2; Analytische Geometrie der Ebene I, 2. — **Huber**: Sphärische Astronomie II, 2; Repetitorium der Astronomie, 1; Analytische Geometrie des Raumes mit Theorie der Flächen 2. Grades, 3; Theorie der Enveloppen und Brennlinien, 2; Mathematisches Seminar (geometrische Richtung) (mit Graf), 1. — **Benteli**: Elemente der darstellenden Geometrie, 4; Praktische Geometrie, Übungen, 3. — **Moser**: Ausgewählte versicherungs-wissenschaftliche Kapitel; Die Transzendente π, 1; Mathematisch-versicherungswissenschaftliches Seminar, 2. — **Crelier**: Synthetische Geometrie II, 2; Zentralprojektion, 2; Geometrische Übungen, 2. — **Bohren**: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2. —

Universität Bonn.

Kayser: Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, 5; Laboratorium für Anfänger (mit Eversheim), 8, für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Kaufmann**: Elektromagnetische Lichttheorie, 4; Physikalische Einheiten und Konstanten, 1 *g*. — **Pflüger**: Elektromagnetische Wellen, 1. — **Eversheim**: Die Interferenz Phänomene, ihre Benutzung zur Längenmessung, 1 *g*. — **Bucherer**: Praktische Anleitung zur Ausführung einfacher Experimente (mit Eversheim), 3. —

Anschütz: Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 6; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Chemie, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene, sowie für Nahrungsmittelchemiker (mit Rimbach, Frerichs und Kippenberger), tägl., für Mediziner (mit Rimbach), tägl. außer Sonnabend. — **Schroeter**: Aufbau und Abbau von Kohlenstoffverbindungen, 2; Über Teerfarbstoffe, mit praktischen Übungen, 2. — **Rimbach**: Theoretische Chemie II: Verwandtschaftslehre, Thermo- und Elektrochemie, 2; Analytische Chemie II: Quantitative Analyse, 2; Übungen in den wichtigsten physikalisch-chemischen Meßmethoden, 3 *g*; Übungen in der technischen Gasanalyse, 2 *g*; Übungen in einfachen chemischen Unterrichtsversuchen, 2 *g*. — **Frerichs**: Pharmazeutische Chemie II (organisch), 3; Arzneimittelprüfung, 1; Übungen im Sterilisieren von Arzneimitteln, 2 *g*. — **Mannheim**: Chemie der Drogen- und Pflanzenstoffe, 1; Übungen in Wasser- und Harnanalyse, *g*. — **Kippenberger**: Grundzüge der Nahrungsmittelchemie, 2; Chemische Technologie, organischer Teil ausschließlich der Farbstoffchemie, mit Exkursionen, 2; Besprechung technisch-chemischer Betriebskontrollen, 1 *g*. — **Laar**: Chemisch-photographisches Praktikum. —

London: Elemente der Differential- und Integralrechnung, 4. Übungen, 1 *g*; Axonometrie und Perspektive mit Zeichenübungen, 2; Mathematisches Seminar (mit Schmidt), 2 *g*. — **Schmidt**: Bestimmte Integrale, 3; Grundlagen der Mengenlehre und der Theorie der reellen Funktionen, 2. — **Kowalewski**: Das Problem der Kreisteilung, 1; Allgemeine Theorie der Differentialgleichungen, 4, Übungen, 1 *g*. — **Study**: Differentialgeometrie: Raumkurven und krumme Flächen, 4; Ausgewählte Kapitel der Mechanik, 2. — **Mönnichmeyer**: Mechanik des Himmels, 2. — **Küstner**: Theorie der Bahnbestimmung der Planeten und Kometen II, 3; Astronomisches Kolloquium für Vorgeschrittene, 1 *g*; Praktische Übungen im astronomischen Beobachten (mit Mönnichmeyer), tägl. —

Technische Hochschule Braunschweig.

Zenneck: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Optik, 4; Physikalisches Praktikum (mit Rau); Theorie des elektromagnetischen Feldes II, 1; Mechanische Wärmetheorie, 3. — **Harting**: Wissenschaftliche Photographie I, 2. — **Peukert**: Elektrotechnik, 4; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 2; Grundzüge der Elektrochemie, 2; Blitzableiter und elektrische Sprengmethoden, 2; Elektrotechnisches Praktikum (mit Grohmann), 6; Arbeiten im elektrotechnischen Laboratorium (mit Grohmann). — **Mosler**: Die Funkentelegraphie, 2; Elektrische Kraftübertragung, 1. — **Franke**: Dampfmaschinenbau, 4, Übungen (mit Mackensen), 8; Pumpmaschinenbau, Gebläse- und Kompressorenbau, 4, Übungen (mit Mackensen), 8. — **Friedmann**: Theorie und Konstruktion der hydraulischen Motoren, Übungen (mit Lawaczeck), 4; Maschinenelemente, 4, Übungen (mit Lawaczeck), 10; Grundzüge des Maschinenbaues, 2. — **Denecke**: Betriebsmittel für Straßen- und Eisenbahnen, 2; Berechnung und Bau der Hebemaschinen, Übungen, 4; Eisenbahnmaschinenbau, 4, Übungen, 4; Maschinenzeichnen, Übungen, 6; Technisches Zeichnen, Übungen, 4. — **Schöttler**: Kinematik, 1; Angewandte Wärmemechanik, 3; Arbeiten im mechanischen Laboratorium II (mit Preuß), Übungen; Technische Mechanik II, 4, Übungen, 1, Repetition, 1. — **Lüdicke**: Allgemeine mechanische Technologie, 2; Werkzeugmaschinen, 2, Übungen, 3; Spinnerei, 2, Weberei, 2; Papierfabrikation, 3; Mühlenwesen, 3; Technologische Übungen, 2. — **Meyer**: Organische Experimentalchemie, 6; Chemische Technologie der Faserstoffe, 1; Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit Biehringer und Hartmann); Chemisches Kolloquium (mit Baur), *g*. — **Biehringer**: Analytische Chemie, 2; Chemisch-technische Rechnungen, 1; Heizstoffe, 2. — **Baur**: Elektrochemie, 2; Metallurgie, 2; Chemische Technologie I, 4; Arbeiten im Laboratorium für physikalische Chemie und Elektrochemie (mit Wolters). — **Reinke**: Chemische Technologie II 2; Technische Herstellung der Zuckerarten, 4; Chemisch-technische Analyse II für Zucker-, Stärke-, Gärungs- und Molkereitechnik, 2; Betriebsstörungen in der Gärungs-, Stärke- und Zuckertechnik und Molkerei, 2; Arbeiten im Laboratorium für chemische Technologie II und landwirtschaftlich-chemische Gewerbe (mit Laskowsky), Besprechungen, Übungen, monatlich 2. — **Beckurts**: Abwässerreinigung, 1; Wasser- und Harnuntersuchung, 1; Pharmazeutische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium für pharmazeutische Chemie und Nahrungsmittelchemie (mit Troeger, Frerichs und Emde). — **Troeger**: Analytische Chemie, 2; Repetitorium der anorganischen und organischen Chemie, 2; Gasanalyse, 1. —

Fricke: Analytische Geometrie und Algebra, 2; Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 2; Trigonometrische Reihen und harmonische Analyse, 2; Vektorentheorie, 2. — **Ludwig**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen (mit Behrens), 6; Geometrie der Bewegung, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der Kurven und Flächen, 2. — **Wernicke**: Statik starrer und elastisch-fester Körper, 4, Übungen, 2. — **Wieghardt**: Technische Mechanik I, 5, Übungen, 2, Repetition, 2; Ausgewählte Kapitel aus der analytischen Mechanik, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Festigkeitslehre und Statik der Baukonstruktionen, 2. — **Hohenner**: Geodäsie II, 2, Übungen, 2; Ausgleichungsrechnung II, 2; Grundzüge der sphärischen Astronomie, 2, Übungen, 2; Vermessungsübungen (mit Bohlan), I, 4, II, 8; Planzeichnen (mit Bohlan), Übungen, 2. — **Bohlan**: Instrumentenkunde, Übungen, 2. —

Universität Breslau.

Lummer: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Kolloquium (mit Pringsheim und Schaefer), 2 *g*; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schaefer), 3 oder 6, für Geübtere (mit Pringsheim und Schaefer), tägl., für Pharmazeuten (mit Schaefer), 3. — **Pringsheim**: Theoretische Physik IV: Optik, 4; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **Schaefer**: Theoretische Mechanik, 4. — **Sackur**: Thermochemie und Thermodynamik, 2; Radioaktivität, mit Experimenten, 1. — **v. d. Borne**: Elemente der Geophysik, 1; Geophysikalisches Praktikum, tägl. außer Freitag, *g*; Geophysikalische Besprechungen, *g*; Einführung in die mathematische Geophysik, 1; Luftelektrizität und Erdmagnetismus, 1. — **Riesenfeld**: Photographisches Praktikum, 2; Die Photographie und ihre Technik, 1 *g*. —

Ladenburg: Allgemeine Experimentalchemie, 6; Chemisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*; Praktisch-chemische Übungen a) für Chemiker (mit Abegg), ganz- und halbtägig, b) für Mediziner (mit Herz), 4, c) für Landwirte, 6. — **Gadamer**: Prüfung der Arzneimittel, 1 *g*; Anorganische Experimentalchemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, 6; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der menschlichen Nahrungsmittel, Untersuchung von Trinkwasser und Harn, 2; Praktisch-chemische Übungen mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, der forensischen Chemie und der Nahrungsmittelchemie, tägl.; Kleines chemisches Praktikum, 6. — **Abegg**: Physikalische Chemie I: Theorie der Gase und Lösungen, osmot. Druck, 2, Mathematische Ergänzungsstunden; Physikalisch-chemisches Kolloquium, 1½ *g*; Theorie der Oxydationsreduktions-Reaktionen, 1 *g*; Physikalisch-chemisches Praktikum (mit Sackur), 3. — **Ahrens**: Chemische Technologie I (anorganisch), 4, mit Besichtigung von Fabriken; Chemische Technologie der Gärungsindustrien, 2; Chemisch-technisches Kolloquium, 1 *g*; Chemisch-technisches Praktikum mit Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. außer Sonnabend. — **Herz**: Physikalische Chemie, 2; Geschichte der Chemie, 1; Die physikalischen und chemischen Grundlagen der analytischen Chemie, 2; Stereochemie, 1. — **Fischer**: Über Kolloide, 1 *g*. —

Rosanes: Differentialrechnung und Elemente der Integralrechnung, 5; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 1 *g*. — **Sturm**: Geometrische Verwandtschaften I, 4; Geometrische Abschnitte der Mechanik, 2; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **Kneser**: Die allgemeinen Prinzipien der Dynamik, 2; Theorie der Fourierschen Reihen und Integrale, 4; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **Franz**: Niedere und Elemente der höheren Geodäsie, 4; Übersicht über die Theorien der Astronomie, 2 *g*; Geodätisch-astronomisches Praktikum für Anfänger, 2; Astronomisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. —

Universität Czernowitz.

v. Geitler: Experimentalphysik II, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger II, 6 und 3; Anleitung zu wissen-

schaftlichen Untersuchungen für Fortgeschrittene, tägl. *g*. — **Radokovič**: Mechanik (Fortsetzung), 5; Vektorfehler, 1; Seminar für mathematische Physik, 2 *g*; Proseminar für mathematische Physik, 2 *g*. —

Pomeranz: Allgemeine Chemie II, 5; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutische Chemie, 3. —

Daublebsky v. Sterneck: Differential- und Integralrechnung (Fortsetzung), 2; Differentialgeometrie, 3; Über die Anzahl der Primzahlen zwischen gegebenen Grenzen, 1 *g*; Mathematisches Seminar, 2. —

Technische Hochschule Danzig.

Wien: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, 4; Elektrische Schwingungen, 1; Kleines physikalisches Praktikum, 4; Großes physikalisches Praktikum, tägl. — **Kalähne**: Einführung in das physikalische Praktikum: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 1; Photographie und Lichtpausverfahren mit Übungen, 1, Übungen, 3. — **Roeßler**: Elektrotechnik I, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I, 4, II und III, 9; Projektierung elektrischer Anlagen, 2, Übungen, 4; Berechnung und Entwurf elektrischer Maschinen (mit Simons), 2, Übungen, 4. — **Simons**: Elektrotechnische Meßkunde, 2. — **Jahn**: Eisenbahnmaschinenbau, 4, Übungen, 4; Eisenbahnwerkstätten, 2; Dampfkessel, 2, Übungen, 3; Enzyklopädie des Eisenbahnmaschinenwesens, 2. — **Schulze-Pillot**: Maschinenelemente, 4, Übungen, 8; Kraft- und Arbeitsmaschinen mit Kreiselrädern, 2, Übungen, 4; Kraftanlagen und Energieverteilung, 2, Übungen, 2. — **Tischbein**: Einführung in den Maschinenbau, 2, Übungen, 6; Enzyklopädie der Maschinenelemente 2; Mechanische Technologie, 2; Lasthebemaschinen, 3, Übungen, 3; Werkzeugmaschinen und Fabrikbetriebe, 2, Übungen, 4. — **Wagener**: Wärmemechanik, 2; Maschinenlaboratorium I und II, 4; Kolbenkraftmaschinen, 4, Übungen, 4; Kolbenarbeitsmaschinen, 2, Übungen, 2. — **Gramberg**: Mechanische Meßinstrumente und Maschinenuntersuchungen, 2; Heizung und Lüftung, 2. — **Lorenz**: Einführung in die Mechanik, 4, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Mechanik, 2. —

Ruff: Anorganisch-chemische Technologie I und II, 3, III (Technische Elektrochemie), 1; Chemisches Kolloquium, 2 *g*; Einführung in das chemische Praktikum, 9; Kleines chemisches Praktikum, 8; Praktikum im anorganisch-chemischen Laboratorium, tägl.; Praktikum im elektrochemischen Laboratorium, tägl. — **Wohl**: Organische Experimentalchemie, 5; Untersuchung von Heizstoffen und Gasanalyse, 3; Praktikum im organisch-chemischen Laboratorium, tägl.; Praktikum im Laboratorium für landwirtschaftliche Gewerbe, tägl. — **Bose**: Physikalisch-chemisches Praktikum II, 4; Physikalische Chemie II: Anwendung der mechanischen Wärmetheorie auf chemische Vorgänge, Physikalische Grundlagen der Elektrochemie, 3; Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 4. —

v. Mangoldt: Höhere Mathematik I, 5. — **Schilling**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 3. — **Sommer**: Höhere Mathematik II, 3, Übungen, 1; Einführung in die höhere Mathematik, 5. — **Eggert**: Niedere Geodäsie, 2; Praktische Übungen im Feldmessen, 4; Höhere Geodäsie, 2; Geodätisches Praktikum II, 2; Geographische Ortsbestimmung, 2. —

Technische Hochschule Darmstadt.

Schering: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrizität, Galvanismus, 5; Physikalisches Praktikum (mit Zeißig), 4 Nachmittage; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Physik; Elektrische Schwingungen und elektrische Wellen, Maxwells Theorie der Elektrizität, 2. — **Zeißig**: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrizität, Galvanismus, 4, Repetitorium, 1. — **Meisel**: Theorie der optischen Instrumente II, 2; Grundzüge der Kartenprojektionslehre, 1; Populäre Astronomie, 2. — **Rudolphi**: Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1. — **Fritsch**: Photographische Übungen, 2; Kinetische Theorie der Gase, 1 *g*. — **Wirtz**: Allgemeine Elektrotechnik I; Elemente der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Meßkunde I, 2; Grundzüge der Telegraphie und Telephonie, 2. — **Kittler**: Allgemeine Elektrotechnik II, 3, Übungen (mit Petersen), 2; Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der gesamten Elektrotechnik, 1; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium (mit Wirtz und Sengel), halbtägig, tägl.; Selbständige Arbeiten für vorgeschrittenere Studierende. — **Sengel**: Konstruktion elektrischer Maschinen und Apparate, 2, Übungen, 3; Projektieren elektrischer Licht- und Kraftanlagen, 2, Übungen, 2; Grundzüge der Elektrotechnik, 2. — **v. Roeßler**: Maschinenzeichnen, Übungen, 4; Mechanische Technologie I, 2, II, 2; Papierprüfung, 1; Werkzeugmaschinen: Metallbearbeitung, Übungen, 3, Holzbearbeitung usw., Übungen, 3; Hüttenmaschinen, 2. — **Lincke**: Maschinenelemente, 6, Konstruktionsübungen, 9, Zeichen- und Konstruktionsübungen, 3. — **Berndt**: Allgemeine Maschinenlehre, 3; Eisenbahnmaschinenbau I, 3, II, 2; Konstruktionsübungen zu Eisenbahnmaschinenbau und Gasmotoren, 3; Maschinenbaupraktikum I, 3. — **Gutermuth**: Dampfkessel, 2; Pumpmaschinen, 4; Maschinenanlagen und ihre Berechnung, 2; Konstruktionsübungen, 6; Maschinenbaupraktikum II, 3. — — **Pfarr**: Regulatoren zu Wasserkraftmaschinen, 1; Fabrikanlagen, 2; Konstruktionsübungen zu Wasserkraftmaschinen und Fabrikanlagen, 6; Maschinenbaupraktikum III, 3; Hydraulik, 2, Übungen, 1. — **Schlink**: Ausgewählte Abschnitte der Statik, 2; Die Hauptsätze der Mechanik mit Demonstrationen, 1; Über Reibung, 1. — **Koehler**: Konstruktionsübungen zu Lasthebemaschinen, 6; Neuere Hebezeuge mit elektrischem Antrieb, 2; Förderanlagen für Massengüter, 2. — **Beck**: Gewichts- und Kostenberechnungen der Maschinenfabrikation, 1. —

Staedel: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Praktikum (mit Keppeler, Kolb, D'Ans und Dippel), tägl. außer Sonnabend. — **Finger**: Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der Alkaloide, 2; Teerfarbstoffe, 4; Praktikum im Laboratorium für organische Chemie (mit Schwalbe), tägl. außer Sonnabend; Farbstoff und Färberei-Praktikum (mit Schwalbe). — **Kolb**: Elemente der Agrikulturchemie, 3; Analytische Chemie I, 2; Methoden der organischen Analyse, 1; Kolloquium über anorganische Chemie, 1. — **Keppeler**: Thermochemie, 2 *g*. — **Schwalbe**: Organische Experimentalchemie, einschließlich Teerfarbstoffe, 4. — **Heyl**: Pharmazeutische Chemie: Anorganischer Teil, 2, Organischer Teil, Repetitorium, 1; Ausmittelung der Gifte, 1; Pharmakognosie, 1, Übungen, 1; Pharmazeutische Gesetzeskunde, 1. — **Dieffenbach**: Elektrochemie, 2; Chemische Technologie, 2; Metallurgie, 2; Elektrochemisches Kolloquium (mit Neumann), 1 *g*; Chemisches Praktikum für Elektrochemiker (mit Neumann, Moldenhauer und Nover), tägl. außer Sonnabend; Elektrochemisches Praktikum (mit Neumann, Moldenhauer und Nover), tägl. außer Sonnabend; Chemisch-technisches Praktikum (mit Neumann und Moldenhauer), tägl. außer Sonnabend. — **Neumann**: Hüttenmännische Probierkunst, 2, Übungen, *g*; Elektroanalyse, 1 *g*. — **Moldenhauer**: Die Methoden der chemisch-technischen Analysen, 1 *g*. — **Vaubel**: Theoretische Chemie II, 2, Übungen, 3; Stöchiometrische Berechnungen, Übungen, 1; Die maschinellen Hilfsmittel der chemischen Technik, 1½; Photochemie, 1. — **Sonne**: Chemische Technologie der Nahrungs- und Genußmittel, 2. — **Weller**: Untersuchen von Nahrungsmitteln, Genußmitteln und Gebrauchsgegenständen, 1, Übungen, 8. —

Graefe: Repetitorium der Elementarmathematik, 3, Übungen, 2; Höhere Mathematik, 3, Übungen, 2; Höhere Mathematik II, 2, Übungen, 1. — **Dingeldey**: Elemente der höheren Algebra, 2; Höhere Mathematik I, 5, Übungen, 3. — **N. N.**: Höhere Mathematik I, 5, Übungen, 3. — **Wiener**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6; Synthetische Geometrie, 2; Arbeiten im mathematischen Institut (mit Gay), 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6. — **Fenner**: Geodäsie, 4; Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 2; Geodätische Übungen, 3 Nachmittage; Ausarbeitung der geodätischen Vermessungen, 2; Planzeichnen, 4. — **Henneberg**: Technische Mechanik, 3, Übungen (mit Graefe), 2; Mechanik I, 6; Reine Kinematik, 2. —

Technische Hochschule Dresden.

Hallwachs: Experimentalphysik II, 5; Physikalisches Praktikum (mit Toepler) I, 6 oder 3, II, für Fortgeschrittene,

9; Praktikum für größere physikalische Arbeiten (mit Toepler), 20. — **Toepler**: Wärmestrahlung, 1; Polarimetrie, 1. — **Krone**: Das Licht und die unsichtbaren Strahlungen im Dienste wissenschaftlicher Forschung, mit Kolloquium, 1 *g*. — **Görges**: Allgemeine Elektrotechnik I, 3; Theorie des Wechselstromes, 4; Elektrotechnisches Praktikum für Anfänger, 4; Elektrotechnische Übungen für Geübtere, 4; Größere elektrotechnische Spezialarbeiten, 20; Elektrotechnisches Kolloquium (mit Kübler), 2 *g*. — **Kübler**: Dynamomaschinen I, 2; Elektrische Fahrzeuge und Bahnen, 2; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 12, für Maschineningenieure, 4. — **Ulbricht**: Eisenbahnsignalwesen und elektrische Eisenbahneinrichtungen, mit Exkursionen, 3 *g*. — **L. Lewicki**: Dampfmaschinen, 4 und 3; Wasserkraftmaschinen, 3; Ausgewählte Kapitel aus dem Maschinenbau: Pumpen, 2; Maschinenkonstruieren (mit E. Lewicki), 10 bzw. 5; Arbeiten im Maschinenlaboratorium A, mit Kolloquium (mit E. Lewicki), 6; Größere Arbeiten im Maschinenlaboratorium A (mit E. Lewicki), 24. — **Mollier**: Technische Wärmelehre, 5, Seminaristische Übungen, 1; Kältemaschinen, 2; Übungen im Maschinenlaboratorium B, 6; Übungen zur Kinematik, 3; Größere Arbeiten im Maschinenlaboratorium B, 24. — **Fischer**: Allgemeine Maschinenlehre: Kraftmaschinen, 4; Technisches Zeichnen für die chemische Abteilung, 4; Skizzieren: Modellaufnahme, 4. — **Buhle**: Maschinenelemente, 5; Abriß der Maschinenelemente, 2; Maschinenkonstruieren: Maschinenelemente, 10 und 4; Landtransportmittel II (ausgewählte Kapitel), 2; Hebe- und Transportmaschinen, 2, Maschinenkonstruieren, 10 bzw. 5. — **Grübler**: Technische Mechanik II, 6, Seminaristische Übungen, 2; Graphostatische Übungen, 2. — **Müller**: Allgemeine mechanische Technologie I, 3; Müllerei, 2; Praktikum für die Faserstofftechnik, 20. — **Scheit**: Untersuchung von Baumaterialien II, Übungen, 3; Festigkeitslehre, 4; Größere Arbeiten in der mechanisch-technischen Versuchsanstalt, 24. — **E. Lewicki**: Grundzüge der technischen Hydraulik, 2; Ausgewählte Kapitel aus dem Dampfturbinenbau, 1; Skizzieren von Maschinenteilen nach dem Gedächtnis, 1. — **Nägel**: Gasmaschinen, 3. — **Hundhausen**: Werkzeugmaschinen, 3; Fabrikanlagen, 2. —

Hempel: Experimentalchemie (anorganische), 6; Anorganisch-chemisches Praktikum: Qualitative Analyse, 12, Quantitative Analyse, technische Titriermethoden, Gasanalyse, ganztägig, tägl. außer Sonnabend. — **v. Meyer**: Organisch-technische Chemie, Chemische Technologie der Kohlenhydrate: Zellulose, Zucker-Stärkefabrikation, Gärungsgewerbe, Erdölindustrie, 3; Geschichte der Chemie, besonders der chemischen Technologie im 19. Jahrhundert, 1; Organisch-chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend. — **F. Foerster**: Physikalische Chemie I, zugleich Einführung in die Elektrochemie, 3; Praktikum für Elektrochemie, 12, für größere Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie und physikalischen Chemie, ganztägig, tägl. außer Sonnabend. — **Möhlau**: Chemie des Steinkohlenteers: Die Rohmaterialien und Zwischenprodukte für die Industrie der organischen Farbstoffe, 3; Chemie und chemische Technologie der organischen Farbstoffe I, 2; Praktikum für Farbenchemie, 12; Praktikum für Farbenchemie bzw. für Färbereitechnik, halbtägig, tägl. außer Sonnabend, für größere Arbeiten, ganztägig, tägl. außer Sonnabend. — **Renk**: Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 1; Gewerbehygiene, 2; Übungen im Untersuchen von Nahrungs- und Genußmitteln, ganztägig, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Nahrungsmittelchemiker, halbtägig, tägl. außer Sonnabend. — **Bucherer**: Praktische Übungen auf dem Gebiete des Patentwesens, 1 *g*; Prinzipien und Methoden der chemischen Technik mit Einschluß der Apparatur- und Kostenberechnung, 1. — **Lottermoser**: Chemie der Kolloide, 1; Titriermethoden, 1. — **Schmidt**: Medizinisch-chemische Zeitfragen, 1 *g*. — **v. Walther**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 2. — **Dietz**: Chemische Technologie des Glases, 1. —

Helm: Höhere Mathematik III, 3, Seminaristische Übungen für Mathematiker (mit Naetsch), 14tägig, 1; Dioptrik, 2; Einleitung in die Thermodynamik und mathematische Chemie, 2; Übungen zur analytischen Mechanik, 14tägig, 1; Versicherungstechnisches Seminar, 1 *g*, Übungen, 2. — **Krause**: Höhere Mathematik I (mit Naetsch), 5, Übungen, 2; Elliptische Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Disteli**: Darstellende Geometrie I, 3, Übungen, 4; Analytische Geometrie der Kegelschnitte, 3. — **Heger**: Ausgewählte Abschnitte der Geometrie, pädagogisch behandelt, 1 *g*. — **Naetsch**: Sphärische Trigonometrie, 2; Analytische Geometrie (Fortsetzung), 3, Übungen, 1 *g*. — **Pattenhausen**: Methode der kleinsten Quadrate, 2, Seminaristische Übungen, 1; Höhere Geodäsie, 2, Seminaristische Übungen, 1; Sphärische Astronomie, 2, Seminaristische Übungen, 1; Vorübungen zum Planzeichnen für Vermessungsingenieure: Schriftzeichnen, 2; Planzeichnen II, 2 und 4; Skizzieren geodätischer Instrumente, Übungen, 2; Triangulierungsübungen, 4; Katastervermessungsübungen, 2; Geodätisches Praktikum I, 4, II, 4, für Architekten, 4; Größere Terrainaufnahmen, 2 Wochen. —

Universität Erlangen.

Wiedemann: Experimentalphysik: Wärme, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 2; Physikalisches Halbpraktikum, halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Vollpraktikum, tägl. — **Reiger**: Elektromagnetische Lichttheorie, 2. —

Fischer: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Busch), a) Vollpraktikum, tägl. außer Sonnabend, b) Analytisch-chemische Übungen für Pharmazeuten und Chemiker, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Mediziner, 4. — **Paal**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 3; Ausmittelung von Giften, 1; Ausgewählte Kapitel der physiologisch-chemischen Analyse, 1; Chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl.; Pharmazeutisch-chemisches Halbpraktikum, tägl. außer Sonnabend; Physiologisch-chemisches Praktikum: Harnanalyse etc., 3; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungs- und Genußmittel, ganz- und halbtägig, tägl. — **Busch**: Qualitative und quantitative chemische Analyse II: Metalloide, 2; Chemische Technologie: Anorganische Großindustrie, Metallurgie, mit Exkursionen, 2. — **Henrich**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie, 2; Neuere theoretische Ansichten in der organischen Chemie, 1; Darstellung organischer Präparate auf elektrochemischem Wege. — **Jordis**: Physikalische Chemie I: Theorie der Lösungen, 1; Ausgewählte Kapitel der anorganischen Chemie, 1; Chemisches Seminar, 2; Elektrochemisches Praktikum: a) für Anfänger, 3, b) für Fortgeschrittene, 5, 20 und 40. — **Gutbier**: Chemisches Seminar, 2; Übungen in Experimentalvorträgen, 1 *g*; Moderne Theorien der anorganischen Chemie, 1. — **Schulze**: Die chemische Untersuchung der Drogen und der galenischen Präparate, 1. —

Gordan: Algebra, 4; Raumgeometrie, 4; Mathematisch-physikalisches Seminar, 3 *g*. — **Noether**: Differential- und Integralrechnung II, mit Übungen, 4; Analytische Mechanik, 4. — **Hilb**: Einleitend-mathematische sowie synthetisch- und darstellend-geometrische Vorträge und Übungen, *g*. —

Universität Freiburg i. Br.

Himstedt: Experimentalphysik, 5; Übungen aus der theoretischen Physik, 1 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Königsberger), halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Königsberger**: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, 3; Geophysik (mit Anwendung höherer Mathematik), 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Besprechung von Themata zu selbständigen theoretischen Arbeiten; *g*. — **G. Meyer**: Grundzüge der physikalischen Chemie, 2; Spektralanalyse mit praktischen Übungen (mit Trautz), 2; Photographie mit praktischen Übungen (mit Trautz), 1; Selbständige physikalisch-chemische Arbeiten, tägl. — **Reinganum**: Wetterkunde, 1; Lehre von den Dämpfen und technische Anwendung auf die Wärmemaschinen, 2. — **Tolle**: Mechanische Technologie I, 2. —

Gattermann: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum (mit Willgerodt), tägl. außer Sonnabend; Übungen im Experimentieren und Vortragen, 2 *g*; Chemisches Kolloquium, 1 Nachmittag, *g*. — **Willgerodt**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Organische Technologie mit Exkursionen, 2. — **Edinger**: Ausgewählte Kapitel der Fettchemie, 2. — **Fromm**: Stereochemie, 2; Repetitorium der organischen Chemie, 2 und 1, Repetition, 1. — **Meigen**: Einführung in die Geschichte der Chemie, 1; Praktische Übungen in der Gasanalyse, 2. — **Riesenfeld**: Qualitative Analyse, mit Berück-

sichtigung der Spektral- und Mikroanalyse, 3; Ionenlehre, 1 *g*. — **Trautz**: Allgemeine und theoretische Chemie II: Thermo-, Elektro-, Photo-, Radiochemie, 3. —

Lüroth: Elliptische Funktionen, 4½; Theoretische Astronomie, 3. — **Weingarten**: Über die Deformation der Flächen, 2 *g*. — **Stickelberger**: Integralrechnung, 5, Übungen, 1; Infinitesimalgeometrie, 3. — **Loewy**: Algebraische Gleichungen, 4; Einführung in die höhere Mathematik mit Anwendungen auf Fragen der Naturwissenschaften, 2; Übungen, 1. — **Seith**: Die Kegelschnitte in elementar-geometrischer Behandlung, 2. —

Universität Gießen.

König: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 4½; Physikalisches Praktikum für Mathematiker und Naturwissenschaftler, 6, für Chemiker, Mediziner und Pharmazeuten, 3; Leitung selbständiger physikalischer Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Fromme), 2. — **Fromme**: Thermodynamik, 4; Niedere Geodäsie, 3, Übungen, 1 Nachmittag; Meteorologie und Klimatologie II, 2. — **Schmidt**: Elektrische Schwingungen, mit Experimenten, 2; Elektrizitätsleitung in Gasen, mit Experimenten, 1. —

Naumann: Organische Experimentalchemie, 5¼; Physikalische Chemie, Ausgewählte Abschnitte mit Anwendungen auf technische Chemie und Übungen in Berechnungen, 1¾; Praktische Übungen und Untersuchungen im chemischen Laboratorium, tägl.; Untersuchung von Nahrungsmitteln und technischen Erzeugnissen (mit Schroeder), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner, tägl. — **Schroeder**: Analytische Chemie I: Qualitative Analyse, 2; Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie, 2; Systematischer Gang der qualitativen Analyse, 1. — **Moeser**: Pharmazeutisch-chemische Präparate I, 2. — **Elbs**: Chemisches Praktikum, tägl.; Elektrochemisches Praktikum, tägl.; Chemisches Praktikum für Landwirte, tägl. außer Sonnabend; Chemische Übungen für Mediziner (mit Brand), 5; Chemisches Kolloquium, 1½; Anorganische Experimentalchemie, 5½. — **Brand**: Ausgewählte Kapitel aus der chemischen Technologie, mit Exkursionen, 1; Charakteristik organischer Körperklassen, 2. — **Thomae**: Künstliche Riechstoffe, 1. —

Pasch: Elemente der Algebra, 3; Variationsrechnung, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 1. — **Netto**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Gruppentheorie, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 1. — **Graßmann**: Darstellende Geometrie I, mit Übungen, 6; Analytische Mechanik III, mit Übungen, 3. —

Universität Göttingen.

Riecke: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Optik, 3; Über Ionenstoß, 1 *g*; Physikalische Übungen für Mathematiker und Physiker (mit Voigt, Simon, Bestelmeyer, Gerdien und Krüger), 4, für Chemiker und Studierende der Naturwissenschaften (mit Bestelmeyer und Gerdien), 2 oder 4; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. außer Sonnabend. — **Voigt**: Optik, 4; Wärme- und Elektrizitätsleitung, 2 *g*; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. außer Sonnabend. — **Wiechert**: Vermessungswesen I: Feldmessung und Markscheidekunst, mit praktischen Übungen, 4; Höhere Elektrodynamik, 2; Erdbeben, 1 *g*; Behandlung geodätischer und geophysikalischer Fragen, 1; Geophysikalisches Praktikum, *g*. — **Simon**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Das Resonanzprinzip in Physik und Technik, 1 *g*; Elektrotechnisches Praktikum, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der angewandten Elektrizität, tägl.; Elektrotechnisches Kolloquium, 2 *g*. — **Prandtl**: Einführung in die Thermodynamik, insbesondere Thermodynamik der Maschinen, 3; Maschinenlehre, 2; Mechanik-Praktikum: Dynamik, Reibung, Elastizität, Hydraulik, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der Mechanik und Wärmelehre, tägl. außer Sonnabend. — **Abraham**: Hydrodynamik, 2. — **Bestelmeyer**: Praktikum der Elektronik und Radioaktivität (mit Gerdien), 4. — **Krüger**: Die physikalischen Grundlagen der Musik, 2; Übungen in der Selbstanfertigung und Handhabung von Demonstrationsapparaten, 2. —

Wallach: Allgemeine Chemie II: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum (mit Polstorff, Kötz und Borsche), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4 Nachmittage; Besprechung wissenschaftlicher Arbeiten Fortgeschrittener, tägl. *g*. — **Tammann**: Praktikum der anorganischen Chemie, 20; Über die chemischen Elemente, 1 *g*; Metallographie, 1; Kolloquium über Arbeiten auf dem Gebiete der physikalischen und anorganischen Chemie, 1 *g*. — **Tollens**: Agrikulturchemie: Pflanzenernährungslehre, 3; Praktische Übungen und wissenschaftliche Untersuchungen im agrikulturchemischen Laboratorium (mit Süchting), tägl. außer Sonnabend. — **Polstorff**: Pharmazeutische Chemie: Anorganischer Teil, 4; Gerichtlich-chemische Analyse, 2. — **Fischer**: Chemische Technologie, 2; Die Industrie Deutschlands, 1 *g*. — **Kötz**: Einführung in die Chemie, 3; Prinzipien und Theorien analytischer und anorganischer Prozesse, 2; Seminaristische Übungen in Chemie, 1 *g*; Repetitorium der anorganischen Chemie, 1. — **Coehn**: Photochemie und Spektralanalyse, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 3. — **v. Braun**: Konstitutionsbestimmung organischer Verbindungen mit besonderer Berücksichtigung der physikalischen Methoden, 2; Chemische Tagesfragen, 1 *g*. — **Borsche**: Chemie der hydroaromatischen Verbindungen: Terpene und Kampfer, 2; Färbereichemische Übungen, 3. — **Ruer**: Stöchiometrie, 1. —

Klein: Kurven und Flächen, 4; Vorträge über automorphe Funktionen (mit Hilbert und Minkowski), 2 *g*. — **Hilbert**: Theorie der Differentialgleichungen mit einer unabhängigen Variabeln, 4. — **Schwarzschild**: Rotation der Himmelskörper, 3; Astronomisches Seminar, 2 *g*; Astrophysikalisches Praktikum, 3; Populäre Astronomie, 1 *g*. — **Minkowski**: Variationsrechnung, 4; Wärmestrahlung, 2. — **Runge**: Numerische Auflösung von Gleichungen mit Übungen, 2; Photogrammetrie mit Übungen, 4; Ausgewählte Kapitel der Mechanik (mit Prandtl), 2 *g*. — **Brendel**: Versicherungsrechnung, 2; Arbeiten auf dem Gebiete der Störungstheorie, *g*; Übungen im Seminar für Versicherungswissenschaft, 2 *g*. — **Ambronn**: Geographische Ortsbestimmung, 2; Bestimmung von Doppelsternbahnen, 2; Übungen im astronomischen Beobachten, zugleich Übungen zu den geographischen Ortsbestimmungen, 4—5; Beobachtungen an den Instrumenten der Sternwarte, tägl.; Berechnung von Doppelsternbahnen, *g*. — **Herglotz**: Lineare Differentialgleichungen im komplexen Gebiete, 4. — **Carathéodory**: Differential- und Integralrechnung I, 4. —

Universität Graz.

Pfaundler: Experimentalphysik II, 5; Physikalische Übungen I, 6 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Benndorf), tägl. außer Sonnabend *g*. — **Benndorf**: Physikalische Übungen II, 8 *g*; Meteorologische Optik, 2; Grundbegriffe der Physik, 1; Übungen im physikalischen Rechnen, 2. —

N. N.: Organische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabend, für Vorgeschrittene, tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner, 4. — **Schrötter**: Chemie der Methanderivate I, 3. — **Hemmelmayr v. Augustenfeld**: Technisch wichtige Kapitel der anorganischen Chemie: Technologie der Brennstoffe, 1. — **Streintz**: Elektrochemie, theoretischer Teil, 3. — **Kremann**: Elektrochemie, technischer und angewandter Teil, 2; Maßanalyse mit praktischen Übungen im stöchiometrischen Rechnen, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der physikalischen Chemie, tägl.; Physikochemisches Konversatorium, 1 *g*. —

Dantscher v. Kollesberg: Analytische und projektivische Geometrie der Ebene (Fortsetzung), 5; Übungen im mathematischen Seminare, 2 *g*. — **Streißler**: Angewandte konstruktive Geometrie, 3. — **Waßmuth**: Mechanik nichtstarrer Körper: Elastizitätstheorie, Hydrodynamik und Akustik, 5; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 3 *g*. — **Hillebrand**: Praktische Astronomie, 3; Sphärische Astronomie II, 2. —

Technische Hochschule Graz.

v. Ettingshausen: Physik, 5; Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Übungen, 8. — **Streintz**: Wärmelehre II;

Thermochemie, 2; Der Bleiakkumulator und das Akkumulatorproblem, 1½. — **Bartl**: Theoretische Maschinenlehre I, 2, II, 1½; Allgemeine Maschinenkunde IIa, 2½, IIb, 1½; Maschinenbau IIc, 3. — **Bendl**: Maschinenbau Ia, 4, Übungen, 8, IIa, 3, Übungen, 9½, IIb, Übungen, 15. —

Emich: Organische Chemie II, 5; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im chemischen Laboratorium. — **Andreasch**: Qualitative chemische Analyse, 2; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der qualitativen chemischen Analyse, 16, in der organisch-technisch-chemischen Analyse, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der organischen Chemie und der chemischen Technologie organischer Stoffe, 20. — **Benj. Reinitzer**: Quantitative chemische Analyse, 1, Seminar, 2; Laboratoriums-Unterricht und Übungen in der chemischen Maßanalyse, 20, in der Darstellung anorganisch-chemischer Präparate, 20; Chemische Technologie der anorganischen Stoffe, 4; Elektrochemie II, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der anorganischen Chemie und der chemischen Technologie anorganischer Stoffe, 20. — **v. Hemmelmayr**: Organische Elementaranalyse, 1. — **Krauß**: Mechanische Technologie II, 2, III, 2; Mechanische Schutzmittel gegen Unfälle, 2. — **Friedr. Reinitzer**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 3, Übungen, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der reinen und angewandten Botanik. —

Hočevar: Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Stelzel**: Elemente der höheren Mathematik II, 4; Baumechanik II, 4, Übungen, 4. — **Peithner v. Lichtenfels**: Mathematik II, 4, Übungen, 2. — **Schüßler**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6, Seminarübungen, 2; Kollineation und Reziprozität, 2. — **Wittenbauer**: Allgemeine Mechanik II, 4, Übungen, 1; Technische Mechanik II, 3. — **Klingatsch**: Niedere Geodäsie II, 4; Sphärische Astronomie, 2; Praktische Meßübungen: Feldübungen; Katasterwesen und Meßgesetze, 2; Situationszeichnen, 4. —

Universität Greifswald.

Mie: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Optik, 4, Elementarmathematische Ergänzungen, 1 *g*; Physikalische Übungen für Studierende der Naturwissenschaften, 6; Leitung selbständiger physikalischer Untersuchungen, tägl.; Besprechung neuerer physikalischer Arbeiten (mit Starke), 2 *g*. — **Holtz**: Galvanische und Induktionselektrizität, 1; Physik der Erde und der Gewässer, 1 *g*; Physik der Atmosphäre mit Einschluß der Lichterscheinungen, 1 *g*. — **Starke**: Theorie der Wärme, 4, Übungen, 1 *g*; Physikalisches Praktikum für Pharmazeuten und Mediziner, 2. — **Schreber**: Übungen im Demonstrieren physikalischer Apparate, 1. —

Auwers: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Praktikum, für Pharmazeuten und Nahrungsmittelchemiker (mit Scholtz), ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner (mit Strecker), 3½, Erläuterungen, ½ *g*. — **Scholtz**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 3; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Pharmazeutisches Kolloquium, 1 *g*. — **Roth**: Einführung in die mathematische Behandlung naturwissenschaftlicher Probleme, 2; Physikalische Chemie, ausschließlich Elektrochemie, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, 7; Physikalisch-chemisches Kolloquium, 1 *g*. — **Posner**: Chemie der Benzolderivate, 2; Theorie und Praxis der Photographie, 1, Übungen, 2. — **Strecker**: Gewichtsanalyse, 2; Titrieranalyse, 1; Gasanalytisches Praktikum, 3. — **Anselmino**: Geschichte der Chemie I, 1; Sterilisationsverfahren für Apotheker. —

Thomé: Mechanik I, 4; Ebene algebraische Kurven, 2 *g*; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Engel**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1 *g*; Theorie der Transformationsgruppen (Fortsetzung), 4; Partielle Differentialgleichungen erster Ordnung, 2 *g*; Übungen im mathematischen Seminar, 1½ *g*. — **Vahlen**: Projektive Geometrie, 2, Übungen, 1 *g*; Theorie und Anwendung der geodätischen Instrumente, 2 *g*. —

Universität Halle.

Dorn: Experimentalphysik II: Elektrizität, Magnetismus, Licht, 4; Linsentheorie, 2 *g*; Physikalisches Laboratorium a) Übungspraktikum, 6, b) Arbeiten von Geübten, tägl. — **Schmidt**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 3; Übungen auf dem Gebiete der elektrischen Schwingungen, *g*. — **Berndt**: Einleitung in die theoretische Physik, 2. —

Volhard: Analytische Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel der Chemie, 1 *g*; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Vorländer), tägl. außer Sonnabend, für Studierende der Medizin, 4. — **N. N.**: Anorganische Chemie, mit Rücksicht auf Medizin und Pharmazie, 4; Über neuere Arzneimittel, 1 *g*. — **Vorländer**: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5. — **Baumert**: Gerichtliche Chemie, 1; Die wichtigsten Lebensmittel und deren Verfälschungen, 1 *g*; Praktische Übungen im Laboratorium für Nahrungsmittelchemie, tägl. außer Sonnabend; Gerichtlich-chemisches Praktikum, 3. — **Erdmann**: Theoretische und experimentelle Elektrochemie, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. außer Sonnabend; Praktischer Kursus in der Gasanalyse, technischen Analyse und in der Elektrochemie, 4. —

Cantor: Differential- und Integralrechnung II, 2; Analytische Mechanik, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Wangerin**: Synthetische Geometrie, 4; Differentialrechnung, mit Übungen, 5; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Gutzmer**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Einführung in die Theorie der linearen Differentialgleichungen, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Eberhard**: Zahlentheorie, 4, Übungen, 1 *g*. — **Buchholz**: Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichungsrechnung (Methode der kleinsten Quadrate), mit Anwendung auf Triangulation, 2; Praktische Übungen in geographischer Ortsbestimmung mit Theodoliten und Sextanten, 2 *g*. — **Bernstein**: Algebra, 4, Übungen, 14tägig, 1 *g*; Einführung in die Versicherungsmathematik, 1, Übungen, 14tägig, 1 *g*. —

Technische Hochschule Hannover.

Precht: Experimentalphysik: Elektrizität und Magnetismus, 4; Mechanische Wärmetheorie, 2; Arbeiten im Laboratorium der Physik (mit Stark), 4. — **Stark**: Photographie, mit Übungen, 2; Grundzüge der Spektralanalyse, 2. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2; Theoretische Elektrotechnik, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I (mit Beckmann, Meyer, Röyer und Riddervold), 8, II, nach Übereinkunft, III, für Maschineningenieure, 8. — **Heim**: Elektrische Anlagen II: Zentralanlagen (mit Grabe), 3, Übungen, 2; Entwerfen von Dynamomaschinen und Transformatoren (mit Grabe), 2, Übungen, 2; Elektrische Bahnen, 2; Elektrische Kraftübertragung, 2; Grundzüge der technischen Elektrolyse, 2; Elektrolytische Übungen (mit Reichelt), 4. — **Beckmann**: Praktische Elektrotechnik für Anfänger I, 1; Elektrotechnische Meßkunde I, erster Teil, 2, II, 1. — **Franke**: Ausgewählte Kapitel der technischen Physik, 1. — **Fischer**: Allgemeine mechanische Technologie (mit v. Hanffstengel), 4; Spezielle Technologie I, einschließlich Werkzeugmaschinenkunde (mit v. Hanffstengel), 3, Übungen, 4. — **Riehn**: Bau und Theorie der Kraftmaschinen (mit Engelbrecht, Cramer, Kirchhoff und Siekmann), 6, Übungen, 8; Übungen im Entwerfen von Kraft- und Hebemaschinen (mit Engelbrecht, Cramer und Siekmann), 4; Schiffbau, 3, Übungen, 4. — **Frank**: Maschinenorgane (mit Ryssel und Ahlf), 4, Übungen, 7; Eisenbahnmaschinenbau (mit Ryssel und Ahlf), 3, Übungen, 3. — **Frese**: Ingenieur-Laboratorium I (mit Aschof, le Noir, Lüth und Kropp), 1, Übungen, 8, II, Übungen, 8; Theoretische Maschinenlehre (mit le Noir), 4. — **Troske**: Grundzüge des Maschinenbaues (mit Müller und Regula), 3, Übungen, 4; Grundzüge des Eisenbahnmaschinenbaues (mit Müller), 2; Übungen im Entwerfen von Fabrikanlagen und Eisenbahnwerkstätten (mit Müller), 3. — **Klein**: Allgemeine Maschinenlehre II (mit Keidel), 3; Hebezeuge und Pumpen (mit Regula und Keidel), Übungen, 4; Wasserhaltungs-, Förder- und Gebläsemaschinen, 3. — **Weber**: Mechanik I, 4, Seminarübungen, 1; Ausgewählte Kapitel der technischen Mechanik, 3. — **Nachtweh**: Maschinenzeichnen (mit Willkomm, le Noir und Regula), 4; Bautechnologie, 2; Spezielle Technologie II: Fabrikationszweige der Faserstoff-Industrie (mit Willkomm), 2; Fabrikationszweige der Faserstoffindustrie (mit Willkomm), 3; Technologisches Praktikum (mit Willkomm), 3; Landwirtschaftliche Maschinenlehre, 4. —

Seubert: Grundzüge der Chemie, 6; Arbeiten im Laboratorium der anorganischen Chemie (mit Eschweiler, Hochhut und Gennerich), tägl. außer Sonnabend. — **Eschweiler:** Maßanalyse, 2. — **Behrend**: Physikalische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium der organischen Chemie (mit Kießling), tägl. außer Sonnabend. — **Jänecke:** Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1. — **Ost**: Chemische Technologie II, 3; Glas und Tonwaren, 1; Farbstoffe und Färberei, 2; Übungen in der Elektroanalyse (mit Voigt), 6; Arbeiten im Laboratorium der technischen Chemie (mit Voigt), tägl. außer Sonnabend. — **Laves**: Grundzüge der physiologischen und hygienischen Chemie, 2. —

Kiepert: Differential- und Integralrechnung II, 6, Übungen, 2, Repetition, 1; Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 5, Übungen, 1. — **Stäckel**: Differential- und Integralrechnung IA, 3, Übungen, 1, II, 5, Übungen, 1; Anwendungen der höheren Mathematik, 3. — **Rodenberg**: Darstellende Geometrie (mit Peters, Jöhrens und Strothoff), 3, Übungen, 6; Darstellende Geometrie I (mit Peters, Jöhrens und Strothoff), 3, Übungen, 6. — **Petzold**: Grundzüge der höheren Mathematik, 3, Übungen, 1; Algebraische Analysis und Trigonometrie, 3; Geodätisches Rechnen, 1. — **N. N.**: Grundzüge der praktischen Geometrie (mit Petzold), 2, Übungen, 3; Praktische Geometrie, Planzeichnen (mit Petzold), 4; Geodäsie I (mit Petzold), 2, Übungen, 6; Grundzüge der astronomischen Ortsbestimmung (mit Petzold), mit Übungen, 2. —

Universität Heidelberg.

Quincke: Experimentalphysik: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum, 4; Praktische Übungen und Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen im physikalischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Übungen des physikalischen Seminars, 1 *g*. — **Pockels**: Theorie der Wärme, 3; Übungen zur theoretischen Physik, 1; Elektronentheorie, 2. — **Weber**: Theorie der Kapillarität, 1; Wissenschaftlich-photographische Übungen, 2, für Fortgeschrittene, 2. — **Ebler**: Einführung in das Studium der Radioaktivität, mit besonderer Berücksichtigung der Mineralquellen, 1. —

Curtius: Allgemeine Chemie II: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen und Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Anfängerpraktikum für Mediziner, 3; Chemisches Praktikum für Mediziner, halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Einführung der Mediziner in das praktische Studium der Chemie, 1. — **Brühl**: Anorganische Chemie, 6; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **Jannasch**: Titrieranalyse, 2; Ausmittelung der Gifte, 1; Gasanalytisches Praktikum (mit Franzen), 3; Chemisches Praktikum zur Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 8. — **Knoevenagel**: Chemische Technologie, anorganische Prozesse, mit Ausflügen, 2. — **Bredig**: Theoretische und angewandte Elektrochemie, 3; Chemie der extremen Temperaturen, 1; Theoretische Übungen in physikalischer Chemie, $1^1/_2$. — **Krafft**: Anorganische Chemie, 4; Praktisch-chemische Arbeiten und Übungen im Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Anfänger. — **Dittrich**: Quantitative Analyse durch Elektroanalyse, 1; Chemisches Praktikum für Vorgeschrittene, sowie für Anfänger und Nichtchemiker, ganz- oder halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Ferienkurse: Chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend in den Oster- und Herbstferien. — **Stollé**: Qualitative Analyse, 2; Pharmazeutische Chemie I: Anorganischer Teil, 2; Analytische Methoden der organischen Chemie, 1. — **Klages**: Chemie der hydroaromatischen Verbindungen, einschließlich der Kampfer und Terpene, 1; Kolloquium über anorganische Chemie, 1. — **Mohr**: Tautomerie und Desmotropie, 1. — **Darapsky**: Über Kohlehydrate, 1. — **Franzen**: Gasanalyse und Gasvolumetrie, 1; Das Hydrazin und seine Abkömmlinge, 1. —

Koenigsberger: Differential- und Integralrechnung, 4; Funktionentheorie, 4; Mathematisches Unter- und Oberseminar, 2. — **Valentiner**: Bahnverbesserung, 2; Kapitel aus der Stellarastronomie, 1; Entwicklung der Astronomie seit Newton, 1. — **Wolf**: Elemente der Meteorologie, 2 *g*. — **Cantor**: Anwendung der Analysis auf höhere ebene Kurven, 4; Arithmetik und Algebra, für Kameralisten, 3. — **Koehler**: Analytische Geometrie der Ebene, 3; Ausgewählte Kapitel aus der synthetischen Geometrie des Raumes, 1. — **Boehm**: Die Grundlagen der Arithmetik, Algebra und Analysis: Elementarmathematik, arithmetischer Teil, 4; Übungen zur höheren Mathematik, 1—2. — **Bopp**: Geschichte der Infinitesimalrechnung von Leibniz bis Lagrange, 2. —

Universität Innsbruck.

Czermak: Experimentalphysik II, 5, Praktische Übungen für Mediziner, 2 *g*, für Anfänger, 6, für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Tumlirz**: Theoretische Mechanik II, 5; Theorie der Kapillarität, 1 *g*; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 *g*. — **Mache**: Gasentladungen, 2; Radioaktive Substanzen, 1. — **Hammerl**: Über elektrische Hochspannungsanlagen (Schluß), 2. — **Trabert**: Wettervorhersage, 2; Ebbe und Flut, Luft- und Wasserwogen, Seiches, Erdbebenwellen (mathematisch), 2; Barometrische Höhenmessung, 1. —

Brunner: Allgemeine Chemie II: Organische Chemie, 5; Praktische Übungen in analytischer und pharmazeutischer Chemie, tägl. außer Sonnabend, aus allgemeiner und analytischer Chemie, halbtägig, tägl.; Chemische Übungen für Mediziner I, 6; Theoretische Anleitungen zu den praktisch-chemischen Übungen, 1 *g*. — **Hopfgartner**: Pharmazeutische Chemie, 5. — **Zehenter**: Chemische Technologie der organischen Stoffe, mit besonderer Berücksichtigung der tierischen Rohstoffe, 2. —

Gmeiner: Doppelintegrale, 3; Algebra (Fortsetzung), 2; Übungen im mathematischen Seminare, 2 *g*. — **Zindler**: Über Differentialgleichungen, mit Übungen, 6; Mathematisches Seminar: Einführung in die Differential- und Integralrechnung (Fortsetzung), 1. — **Menger**: Elemente der projektiven Geometrie (Fortsetzung), 2. — **v. Oppolzer**: Die Methode der kleinsten Quadrate, 1; Die Dioptrik des Fernrohres, 1; Übungen in der Messung der Polhöhe, 3. —

Universität Jena.

Winkelmann: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Optik, 5; Physikalisches Praktikum (mit Baedeker), a) für Physiker, 6, b) für Chemiker, 4; Leitung physikalischer Spezialuntersuchungen (mit Straubel und Baedeker), tägl. *g*. — **Auerbach**: Thermodynamik: Wärmelehre, 4; Kinetische Gastheorie, 2. — **Rau**: Technische Elastizitäts- und Festigkeitslehre, 3; Graphische Übungen, 3 *g*; Übungen zur technischen Thermodynamik (mit Reich), 3 *g*. — **Reich**: Elektrotechnik I, 2; Die Elektrizität in Technik und Verkehr, 1; Die Grundlagen der neueren Elektrizitätslehre, 1 *g*; Elektrotechnisches Praktikum, 3. — **Baedeker**: Absolutes Maßsystem. —

Knorr: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Wolff): a) Vollpraktikum, b) Halbpraktikum, tägl., c) Mediziner-Vollpraktikum, 6, Mediziner-Halbpraktikum, 3; Praktikum in der organischen Chemie und Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Rabe), tägl. — **Wolff**: Maßanalyse, $1^1/_2$; Elektrolyse und elektrolytisches Praktikum, 2. — **Immendorff**: Grundzüge der anorganischen und organischen Chemie: Experimentalchemie, 5; Bakterielle Vorgänge in der Landwirtschaft und ihre Bedeutung, 1; Chemisches Praktikum für Landwirte: a) großes, tägl., b) kleines, 7; Agrikulturchemisches Seminar für Fortgeschrittene, 14tägig, 2 *g*. — **Vongerichten**: Chemie der Teerfarbstoffe, 2; Praktikum mit besonderer Berücksichtigung technisch-chemischer Methoden, ganz- und halbtägig; Chemische Technologie, 1 *g*. — **Matthes**: Pharmazeutische Chemie II: Organische Chemie, 6; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum: Darstellung und Untersuchung pharmazeutisch-chemischer Präparate, Ausmittelung der Gifte, Halbpraktikum; Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel: Theoretischer und praktischer Kursus a) Vollpraktikum, b) Halbpraktikum; Praktische Übungen in der Sterilisierung der Arznei- und Verbandsmittel, 3. — **Rabe**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen und der Pflanzenalkaloide, 2; Kolloquium über neuere chemische Arbeiten, *g*. — **Gänge**: Arzneimittellehre für Studierende der Zahnheilkunde, 2; Praktische Übungen in chemischen Untersuchungen vermittels optischer Hilfsmittel: Spektralanalyse, Mikroskopie, Polarisation und Refraktion des Lichtes, 2. —

Thomae: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Kartographie, 2. — **Haußner**: Differentialrechnung mit Übungen, 5; Ausgewählte Kapitel aus der Geometrie: Kollineation, Perspektive und Axonometrie, 2; Differentialgeometrie; Raumkurven und krumme Flächen, 4; Übungen aus der analytischen Geometrie der Ebene, 2 *g*; Seminar, 1 *g*. — **Frege**: Theorie der nach dem Newtonschen Gesetze wirkenden Kräfte, 4. — **Knopf**: Zeit- und Ortsbestimmung mit praktischen Übungen auf der Sternwarte, 4; Geodäsie mit praktischen Übungen im Gelände, 2; Berechnung des scheinbaren Laufs der Planeten und Kometen, 2. —

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Experimentalphysik, 4, Ergänzende Demonstrationen, 2; Physikalisches Laboratorium (mit Sieveking), 6. — **Sieveking**: Einführung in die mathematische Physik, 3; Repetitorium der Physik, 1; Elektrische Schwingungen, 1. — **Schmidt**: Photographisches Praktikum, mit Vorträgen über die Theorie der Photographie, Darstellung lichtempfindlicher Präparate, 4; Exkursionen, 1 Nachmittag. — **Arnold**: Dynamobau I: Allgemeiner Teil und Gleichstrommaschinen, 3, II: Synchrone und asynchrone Wechselstrommaschinen, 2; Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I (mit Schleiermacher), 12, II, 8. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Meßkunde, 2; Theoretische Elektrizitätslehre, 4. — **Teichmüller**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Seminar, 1; Elektrische Anlagen und Leitungen, 2; Übungen im Entwerfen von elektrischen Anlagen, 3; Elektrische Beleuchtung, 2; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen. — **Bragstad**: Theorie der Wechselströme, 2, Übungen, 2; Elektrische Bahnen, 1; Anwendung der Elektromotoren oder Wechselstromkommutatormotoren, 2. — **Benoit**: Pumpen und Gebläse, 3; Hebemaschinen I: Einfache Hebezeuge, 4; Entwerfen von Hebemaschinen, 6; Entwerfen von Hebemaschinen, Pumpen und Gebläsen, 6. — **Brauer**: Festigkeitslehre, 2, Übungen, 3; Hydraulik, 3; Kinematik, 2; Mechanisches Laboratorium, 3. — **Graßmann**: Dampfmaschinen und Kessel II, 4; Entwerfen von Dampfmaschinen und Kesseln, 6; Maschinenanlagen, 2, Übungen, 6. — **Keller**: Maschinenelemente, 3; Maschinenkonstruktionen: Triebwerke etc., 8 und 4; Lokomotivbau, 3; Hebemaschinen für Ingenieure, 1. — **Lindner**: Maschinenkunde, 3; Werkzeugmaschinen und Fabrikeinrichtungen, 2, Übungen, 3; Berg- und Hüttentechnik, 2; Technisches Zeichnen, 2; Technologische Exkursionen. — **Schellenberg**: Heizungs- und Lüftungsanlagen, 3. — **Tolle**: Maschinenzeichnen, 4; Technische Mechanik, 4; Regulatoren für Kraftmaschinen, 2. — **Schultheiß**: Geschichte und Wesen der Witterungsvoraussage, 1. —

Engler: Organische Experimentalchemie, 4; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1; Chemisches Kolloquium, 1; Theoretische Chemie: Stereochemie, 1; Chemisches Laboratorium, 5 Tage. — **Bunte**: Chemische Technologie I: Baumaterialien, Glas, Keramik etc., 2, II: Chemische Großindustrie, 2; Übungen in der technischen Analyse (mit Eitner), 4 und 3; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, 5 Tage; Technologische Exkursionen. — **Haber**: Physikalische Chemie II: Verwandtschaftslehre, 2; Wissenschaftliche Grundlagen der analytischen und Einführung in die physikalische Chemie, 1; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Kolloquium für Vorgeschrittene, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, 5 Tage; Physikalisch-chemischer und elektrochemischer Einführungskurs; Übungen im elektrochemischen Laboratorium, 3. — **Scholl**: Chemie der Benzolderivate I und II, 2. — **Dieckhoff**: Pharmazeutische Chemie, 2; Analytische Chemie I, 2. — **Eitner**: Methoden der technischen Analyse, 2; Ausgewählte Kapitel der technischen Analyse, 1; Spezielle Technologie der Gasbeleuchtung, 1, Übungen, 4. — **Kast**: Industrie des Petroleums, der Fette und Harze, 1; Moderne Spreng- und Treibmittel, 2. — **Rupp**: Chemische und mikroskopische Untersuchung der Nahrungsmittel und Gebrauchsgegenstände, 2. — **Wöhler**: Chemische Tagesfragen, 1; Chemie der Metalle, 2. —

Heun: Mechanik II, 4, Übungen, 2; Mechanisches Seminar für Fortgeschrittenere, 4. — **Krazer**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Schur**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4; Übungen in Perspektive, 3. — **Wedekind**: Höhere Mathematik II, 2; Grundlagen der höheren Mathematik, 4. — **Faber**: Übungen in den Grundlehren der höheren Mathematik, 2; Algebraische Analysis, 2; Repetitorium der höheren Mathematik, 2. — **N. N.**: Projektionslehre und Übungen, 2; Elementare und analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 3, Übungen, 1. — **Haid**: Geodätisches Praktikum II, 6, III, 3; Größere Vermessungsübung, 2 Wochen. — **Bürgin**: Katastervermessung I, 2, Übungen, 2; Plan- und Terrainzeichnen, 2 und 4. —

Universität Kiel.

Weber: Potentialtheorie und Elektrostatik, 4; Theorie physikalischer Messungsapparate mit Übungen, 1; Physikalische Technologie unter besonderer Berücksichtigung des Eisenbahnwesens, mit Exkursionen, 2; Ausgewählte physikalische Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Lenard**: Experimentalphysik: Optik, Elektrizität, Magnetismus, 4; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 7; Experimentelle Arbeiten Fortgeschrittener, tägl. außer Sonnabend; Besprechungen physikalischer Fragen (mit Becker), 1 *g*. — **Becker**: Elektrische Meßinstrumente und Meßmethoden mit Demonstrationen, 2. —

Harries: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum: Anorganische Abteilung (mit Biltz), tägl. außer Sonnabend, Organische Abteilung, tägl., für Mediziner (mit Feist), 4. — **Rügheimer**: Pharmazeutische Chemie: Organischer Teil, 3; Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiet der physikalischen Chemie, 1 *g*. — **Biltz**: Analytische Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie II: Organische Betriebe, 2; Exkursionen, *g*. — **Berend**: Repetitorium der organischen Chemie für Mediziner, 1; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1 *g*. — **Stoehr**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Feist**: Chemie der Benzolderivate, 2; Einführung in das praktische Studium der Chemie, 1 *g*. — **Preuner**: Chemisches Gleichgewicht, 2. —

Pochhammer: Analytische Geometrie des Raumes, 3; Einleitung in die Theorie der elliptischen Funktionen, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Harzer**: Geographische Ortsbestimmungen, 3, Übungen, *g*; Theorie der Präzession und Nutation, 1 *g*. — **Heffter**: Analytische Mechanik, 4; Grundlagen der Analysis: Irrationalzahl, Grenzwert, Konvergenz, Stetigkeit, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 1½ *g*. — **Kreutz**: Berechnung von Doppelsternbahnen, 2; Parallaxe und Aberration, 1 *g*. — **Kobold**: Höhere Geodäsie, 2, Übungen, 2 *g*; Übungen an den Instrumenten der Sternwarte (mit Harzer), *g*. — **Landsberg**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Variationsrechnung, 3. — **Weinoldt**: Synthetische Geometrie, 3. — **Strömgren**: Numerische Behandlung spezieller Fälle des Dreikörperproblems, 1; Mathematische Geographie, 1 *g*. —

Universität Königsberg.

Volkmann: Elektrodynamik, einschließlich der Theorien von Maxwell und H. A. Lorentz, 4, Ergänzungen und Erläuterungen, 1 *g*; Physikalisch-praktische Übungen und Arbeiten für Anfänger und Vorgerückte, 6; Leitung großer spezieller Arbeiten, tägl. außer Sonnabend. — **Schmidt**: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik und Wärme, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 3, für Fortgeschrittene, tägl. außer Sonnabend; Die großen Physiker und ihre Leistungen, 1 *g*. —

Klinger: Anorganische Chemie, 4; Organische Chemie, 4; Übungen im Laboratorium (mit Blochmann), tägl. außer Sonnabend; Metalle und Salze, 1 *g*. — **Stutzer**: Die Ernährung der Pflanzen, 4; Praktische Übungen im agrikultur-chemischen Institut, ganz- und halbtägig, tägl.; Ausgewählte Abschnitte aus den Grundlagen der Chemie, 1 *g*. — **Blochmann**: Analytische Chemie II: Quantitative Analyse, 2; Ausgewählte Kapitel aus der technischen Chemie, mit anschließender Besichtigung technischer Betriebe, 1 Nachmittag, Kolloquium, 1 *g*. — **Partheil**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 5; Toxikologische Chemie, 1; Praktische Übungen im pharmazeutisch-chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Methoden der Arzneimittelprüfung I, 1 *g*. — **L. Cohn**: Aromatische Chemie, 2. — **Benrath**: Die Theorie der che-

mischen Arbeitsmethoden, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum, 4 *g*; Konstitutionsbeweise, 1 *g*. —

Meyer: Analytische Geometrie der Ebene, 3, Übungen, 1 *g*; Differentialgeometrie, 4, Übungen, 1 *g*. — **Schoenflies**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Über den Kurvenbegriff, 2. — **Battermann**: Theorie der astronomischen Instrumente, 3; Übungen an Instrumenten der Sternwarte, 2 Abende. — **Saalschütz**: Determinantenlehre, 3; Über Gauß' hypergeometrische und andere interessante Reihen, 2 *g*; Algebraische Übungen und Vortrag, 2 *g*. — **F. Cohn**: Einführung in die theoretische Astronomie, 3; Ausgewählte Kapitel der Himmelsmechanik, 2 *g*. —

Universität Leipzig.

Wiener: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Akustik, 5; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Praktikum (mit Scholl), 9, für Mediziner und Pharmazeuten, 3; Physikalisches Kolloquium (mit Des Coudres), 2 *g*. — **Des Coudres**: Einleitung in die theoretische Physik, 4, Übungen, 1; Fouriersche Reihen und harmonische Analysatoren, 2; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. — **v. Oettingen**: Geometrisch-perspektivisches Zeichnen, 2 *g*. — **Marx**: Radioaktivität, 1; Elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, 1; Kinetische Gastheorie (Neuere Fortschritte), 1. — **Dahms**: Farbenphotographie, mit praktischen Übungen im Atelier, 1. — **Scholl**: Repetitorium der Physik, mit Experimenten, 2. —

Beckmann: Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Chemisches Praktikum, tägl.; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittel-Chemie, tägl.; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum, tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner, 6; Chemisches Vollpraktikum für Vorgerücktere (mit Lockemann, Heller und Deußen), tägl.; Chemisch-technisches Praktikum (mit Heller), tägl. — **Hantzsch**: Anorganische Chemie, 5, Ergänzung, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Analytiker (mit Guthzeit) a) ganztägig, tägl., b) halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Vollpraktikum für Vorgerücktere (mit Stobbe, Rassow und Ley), tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner, 6. — **Le Blanc**: Überblick über die theoretische und technische Elektrochemie, mit Demonstrationen, 3; Grundlagen der analytischen Chemie, zugleich Einführung in die physikalische Chemie, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum (mit Luther, Drucker und Freundlich), tägl.; Chemisches Praktikum (mit Böttger), tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs (mit Freundlich), 4 oder 8; Physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Luther, Böttger, Drucker und Freundlich), 1½ *g*. — **Stobbe**: Spezielle organische Chemie: Die aromatischen Verbindungen, 2. — **Wagner**: Übersicht über die anorganischen Verbindungen, 1; Technik der Experimentalchemie und Erläuterung von Schulversuchen, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Lehrer: Schulversuche und Analyse, tägl., Repetitorische Übungen: Allgemeiner Teil, 1 *g*. — **Rassow**: Chemische Technologie, Brenn- und Leuchtstoffe und ausgewählte anorganische Betriebe, mit Exkursionen, 2; Praktische Übungen in technischer Gasanalyse, 1; Technologisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Luther**: Repetitorium der physikalischen Chemie, mit Seminar, 1½. — **Böttger**: Katalytische Erscheinungen, 1; Einführung in das chemische Praktikum, mit Diskussion, 1 *g*. — **Schall**: Stereochemie, 1; Übungen in der Aufnahme ultravioletter Spektren und Messungen an denselben, 1. — **Ley**: Konstitutionsbestimmung organischer Verbindungen auf physikochemischer Grundlage, 2; Über Salze und Komplexsalze, 1. — **Lockemann**: Analytische Chemie, 2. — **Heller**: Chemie der organischen Farbstoffe, 2; Chemisches Kolloquium und Repetitorium, 2. — **Deußen**: Harnanalyse, 1; Ätherische Öle, 1. — **Drucker**: Chemie der extremen Temperaturen, 1; Klassikerlektüre, *g*. — **Fredenhagen**: Die Chemie nichtwäßriger Lösungsmittel, mit Experimenten, 1; Die Grundlagen der Theorie der Lösungen und die neueren Versuche zu ihrem weiteren Ausbau, 1. — **Freundlich**: Kapillarchemie: Chemie der Kolloide und verwandte Gebiete, 1. — **Scheiber**: Maßanalyse, 2. —

Neumann: Ausgewählte Kapitel der Mathematik oder der mathematischen Physik, 3. — **Bruns**: Geometrische Optik, 4; Praktische Analysis, 2 *g*; Praktische Übungen in der Sternwarte (mit Peter), *g*. — **Mayer**: Analytische Dynamik, 4, Übungen, 1 *g*. — **Hölder**: Allgemeine Theorie der Funktionen einer komplexen Veränderlichen, 4, Übungen, 1 *g*; Bestimmte Integrale, 2. — **Rohn**: Analytische Geometrie der Ebene, 4, Übungen, 1 *g*; Projektive Geometrie, 2. — **Peter**: Astronomische und technische Chronologie, 2. — **Hausdorff**: Algebraische Gleichungen, 4. — **Liebmann**: Gewöhnliche Differentialgleichungen, 4, Übungen, 1 *g*. —

Universität Marburg.

Richarz: Experimentalphysik: Mechanik, Optik, 5; Physikalisches Kolloquium (mit Feußner), 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Feußner), 6; Leitung eigener Untersuchungen, tägl.; Theoretisch-physikalisches Seminar (mit Feußner), 2 *g*. — **Feußner**: Theoretische Physik: Elektrizität und Magnetismus, 4; Anleitung zu Zeit- und Ortsbestimmungen (mit v. Dalwigk), mit Übungen, 1. — **Schulze**: Elastizitätstheorie, 2; Anleitung zur Berechnung einfacher physikalischer Aufgaben, 1. —

Zincke: Allgemeine Chemie I: Anorganische Chemie, 6; Praktische Übungen in der allgemeinen und analytischen Chemie, sowie selbständige chemische Arbeiten (mit Fries), tägl.; Praktisch-chemische Übungen für Mediziner, 4. — **E. Schmidt**: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 6; Über Prüfung der Arzneimittel, 1; Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel und selbständige chemische Arbeiten (mit Rupp). — **Fittica**: Theoretische Chemie, 2; Neuere Geschichte der Chemie, 1. — **Schaum**: Photographie und Spektroskopie, 1; Anleitung zur Berechnung chemischer Aufgaben, 1 *g*; Physikalisch-chemisches Praktikum (mit Fries), 3. — **Reißert**: Chemie der organischen Farbstoffe, 2. — **Rupp**: Untersuchung von Trinkwasser und Harn, 1; Maßanalyse, 1; Theoretische Erörterungen zum chemischen Praktikum, 1; Sterilisationsübungen, 2. — **Fries**: Ausgewählte Kapitel aus der chemischen Technologie, 1; Chemisches Repetitorium für Mediziner, 1; Besprechung neuerer Arbeiten, 1 *g*. —

Hensel: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4; Funktionentheorie, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Neumann**: Algebra, 4; Analytische Mechanik, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **v. Dalwigk**: Differentialrechnung, 4, Ergänzungen und Übungen, 1 *g*; Darstellende Geometrie I mit Übungen, 5. — **Jung**: Differentialgleichungen, 3. — **Fueter**: Über bestimmte Integrale und für die physikalische Anwendung wichtige Funktionen in elementarer Darstellung, 3; Populäre Astronomie, 1 *g*. —

Universität München.

Röntgen: Experimentalphysik II, 5; Praktische Übungen im physikalischen Laboratorium, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Sommerfeld**: Theorie der Strahlung, 3; Grundzüge der Thermodynamik, 2, Übungen, 2 *g*. — **Graetz**: Einleitung in die theoretische Physik, 4; Analytische Mechanik II, 2. — **Donle**: Doppelbrechung und damit zusammenhängende Erscheinungen, 2. —

v. Baeyer: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit Hofmann, Piloty und Sand in der unorganischen, mit Dimroth und Dieckmann in der organischen Abteilung), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Hofmann), 4. — **Paul**: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 4; Nahrungsmittelchemie, 2; Pharmazeutisch-chemische Präparatenkunde: Organische Präparate, 3; Praktische Übungen, einschließlich physikalisch-chemischer und elektrochemischer Arbeiten, ganz- und halbtägig; Praktische Übungen im pharmazeutischen Institut, einschließlich der Übungen in den für den Apotheker wichtigen Sterilisationsverfahren, ganz- und halbtägig. — **Hofmann**: Spezielle unorganische Experimentalchemie I: Alkalimetalle, Erdalkalien und Schwermetalle, 4; Praktikum für Gasanalyse, 4; Praktikum für physikalisch-chemische und spektralanalytische Methoden (mit Sand), 4. — **Piloty**: Über analytische Chemie II, 3; Elektrolytisches Praktikum

4—5 wöchentliche Kurse, ganztägig. — **Dimroth**: Teerfarbstoffe und ihre Anwendung in der Färberei, 4. — **Dieckmann**: Stereochemie, 1 *g*. — **Sand**: Elektrochemie, 2. — **Wieland**: Neuere organische Arbeiten in ausgewählten Kapiteln II, 1; Über Alkaloide, 1. —

Lindemann: Theorie der elliptischen Funktionen, 5; Theorie der algebraischen Formen, 4; Mathematisches Seminar, 1½ *g*. — **v. Seeliger**: Die neueren Methoden in der Theorie der Bewegung der Planeten, 3; Praktisch-astronomische Übungen (mit Großmann). — **Voß**: Einführung in die Theorie der partiellen Differentialgleichungen, 4; Algebra II, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Pringsheim**: Integralrechnung, 5, Übungen, 1 *g*; Geometrische Ergänzungen zur Differentialrechnung, 2. — **Doehlemann**: Darstellende Geometrie II: Axonometrie, Perspektive, 3, Übungen, 2; Geometrische Mechanik: Graphische Statik, 3, Übungen, 1 *g*. — **N. N.**: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Ergänzungen und Übungen, 2; Differentialrechnung, 4, Ergänzungen und Übungen, 2. — **Brunn**: Elemente der höheren Mathematik, 4. — **Hartogs**: Elementare Geometrie der Ebene und des Raumes, 3. — **Perron**: Analytische Zahlentheorie, 4. — **Großmann**: Einführung in die Astronomie, 2. —

Technische Hochschule München.

Ebert: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektromagnetismus, Elektrodynamik, Induktion, Strahlen elektrischer Kraft, Optik, 4; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen auf dem Gebiete der Physik. — **Knoblauch**: Grundzüge der Physik II: Optik, Elektrizität, 3; Kinetische Gastheorie, 2; Technisch-physikalisches Praktikum, 4; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Physik. — **Fischer**: Experimentelle Wellenlehre und Akustik, 1; Physikalisches Seminar, 2. — **Emden**: Meteorologische Optik, 2; Thermodynamik der Atmosphäre. — **Voit**: Angewandte Physik: Heizung, Ventilation, Akustik der Gebäude, Blitzableiter, Übungen, 2; Elektrotechnik für Chemiker, 3, Übungen, 2; Theorie und Konstruktion der Meßinstrumente und Elektrizitätszähler, 2. — **Urban**: Unterrichtskurse in praktischer Photographie, mit Übungen, 6 Nachmittage. — **Heinke**: Einführung in die Elektrotechnik, Übungen, 2, Praktikum, 2; Elektrotechnik für Maschineningenieure, 3; Elektrotechnische Meßkunde, 2; Elektrotechnisches Praktikum I: Meßtechnik und Photometrie, 4 und 2, für Vorgeschrittene, 20 bis 32; Elektrische Zentralanlagen und Arbeitsübertragung, 2, Übungen, 4. — **Gleichmann**: Elektrische Schalt- und Regulierapparate, 1; Elektrische Bahnen, 2. — **Ossanna**: Elektrotechnisches Praktikum II: Messungen an Maschinen, Gleichrichtern und Transformatoren, 4; Theorie und Konstruktion der elektrischen Maschinen II: Synchrongeneratoren und Synchronmotoren, 4; Entwerfen von elektrischen Maschinen, 4; Einphasen-Kollektorenmotoren, 2. — **N.N.**: Maschinenzeichnen, 4; Einführung in die Konstruktionslehre der Hebezeuge, 1; Konstruktionslehre der Pumpen, Gebläse und Kompressoren, 2; Entwerfen von Pumpen und Pumpwerksanlagen, 6. — **v. Lossow**: Konstruktionslehre der Maschinenteile II, 3; Entwerfen von Maschinenteilen II, 8 und 6; Entwerfen von Dampfkesseln, 2. — **Camerer**: Entwerfen von Wasserkraftmaschinen, 7; Wasserkraftanlagen, 3. — **Lynen**: Konstruktionslehre der Dampfmaschinen, 6; Entwerfen von Eisenbahnmaschinen, 2; Allgemeine Maschinenlehre: Arbeitsmaschinen I, 2, II, 1. — **Schröter**: Theoretische Maschinenlehre: Theorie der Wasserkraftmaschinen, 4 und 3; Praktikum im Laboratorium für theoretische Maschinenlehre, 2. — **v. Hoyer**: Textilindustrie, 5; Ausgewählte Kapitel aus der mechanischen Technologie: Papierfabrikation, 2. —

Muthmann: Allgemeine Experimentalchemie einschließlich der Grundzüge der organischen Chemie, 5; Chemisches Praktikum im analytischen und elektrochemischen Laboratorium, 10—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der unorganischen Chemie und der Elektrochemie, 30; Praktikum in der technischen Gasanalyse (mit Hofer), 3. — **Lipp**: Organische Chemie, 5; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium, 20—30. — **Eibner**: Chemie der Benzolderivate II, 2; Pyridin, Chinolin, Isochinolin und Alkaloide, 1. — **Rohde**: Ausgewählte Kapitel aus der organisch-chemischen Tagesliteratur mit historischen Rückblicken, 1, Übungen, 1. — **Hofer**: Analytische Chemie der Metalle und Metalloide nebst Gewichts- und Maßanalyse I, 4; Die elektrochemischen Prozesse, 2. — **Schultz**: Chemische Technologie mit Brennmaterialienlehre und Feuerungskunde V: Organische Farbstoffe, Färberei, 4; Chemisch-technische Übungen: Chemisch-technische Analyse, Färberei, 4; Praktikum im chemisch-technischen Laboratorium, 20—30; Spezialarbeiten auf dem Gebiete der technischen Chemie, 30. — **Lintner**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Gärungschemisches Praktikum, 30; Technologie und Warenkunde I: Anorganische Waren, 2. —

v. Dyck: Höhere Mathematik II, 6, Übungen, 2; Potentialtheorie, 2; Mathematisches Seminar (Kolloquium) (mit Finsterwalder), 2. — **Finsterwalder**: Höhere Mathematik IV, 2, Übungen, 2; Geometrische Optik mit Anwendung auf die Theorie des Fernrohres und des Mikroskopes, 3. — **v. Braunmühl**: Grundzüge der höheren Mathematik, 4, Übungen, 2; Projektivische Geometrie in synthetischer Behandlung, 4, Übungen, 1; Mathematisch-historisches Seminar, 2. — **Kutta**: Trigonometrie, Übungen, 1; Ausgleichungsrechnung, 2; Einleitung in die algebraische Analysis und Algebra. — **Burmester**: Kinematik, 3; Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4. — **Schmidt**: Vermessungskunde II, 4, Praktikum II, 4 oder 8; Hauptvermessungsübungen, 2 Wochen; Katastertechnik, 3, Praktikum IV, 8 und 2; Kartierungsübungen, 4. — **Föppl**: Praktikum im mechanisch-technischen Laboratorium, 2; Technische Mechanik I: Einführung in die Mechanik, 4, IV: Dynamik, 3, Übungen, 2. —

Universität Münster.

Heydweiller: Experimentalphysik: Allgemeine Physik, Wärmelehre, Akustik, 4, Elementar-mathematische Ergänzungen, 1 *g*; Physikalische Übungen, 3 und 6, für Mediziner, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten (mit Konen), tägl. — **Konen**: Theorie der Wärme, 3, Übungen, 1 *g*; Übungen in Demonstrationsversuchen und in der Anfertigung einfacher physikalischer Apparate, 3. —

Salkowski: Organische Chemie, 5; Chemie der Metalle, 2 *g*; Übungen im chemischen Laboratorium und Leitung wissenschaftlicher Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Kaßner und Thiel), 6. — **König**: Analytische Chemie: Metalloide, 1; Allgemeine Hygiene, 2 *g*; Übungen im Laboratorium der agrikulturchemischen Versuchsstation, tägl. — **Kaßner**: Anorganische Chemie, mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 4; Kolloquium über pharmazeutische Präparate und die Gegenstände des deutschen Arzneibuchs, 1; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie mit besonderer Berücksichtigung der Papier- und Zellulosefabrikation sowie der Industrie der Zündrequisiten, 1; Über Gifte und deren Nachweis in Untersuchungsobjekten, 1 *g*; Toxikologische, pharmazeutisch-chemische und maßanalytische Übungen, halbtägig, tägl. außer Sonnabend. — **Bömer**: Technologie und Analyse der Fette, Harze und Wachse, 1 *g*; Repetitorium der Nahrungsmittelchemie, 2 *g*. — **Thiel**: Physikalische Chemie I, 3; Anleitung zum chemischen Experimentieren, 4; Einführung in die quantitative Analyse, mit Demonstrationen; Chemische Besprechungen für Mediziner, 1 *g*. —

Killing: Ausgewählte Kapitel der Elementarmathematik, 5; Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 1 *g*; Übungen des mathematischen Unterseminars, 2 *g*. — **v. Lilienthal**: Analytische Geometrie I, 4; Theorie und Anwendung der elliptischen Funktionen, 4; Mathematisches Oberseminar, 2 *g*. — **Dehn**: Zahlentheorie, 4; Partielle Differentialgleichungen der Physik, 2. — **Plaßmann**: Sphärische Trigonometrie und Anfangsgründe der sphärischen Astronomie, 3; Das Sonnensystem, 2; Beobachtung und Theorie der veränderlichen Sterne, 1; Übungen im astronomischen Beobachten und Rechnen, *g*. —

Universität Prag.

Lecher: Experimentalphysik II, 4½; Physikalisches Praktikum II, für Physiker und Mathematiker, 6, für Chemiker und Naturhistoriker, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. *g*. — **Lippich**: Theorie des Potentials nebst Anwendungen, 3; Elementare Mechanik (Fortsetzung),

2; Mathematisch-physikalische Übungen, 2 *g*. — **Spitaler**: Elektrische und optische Erscheinungen der Atmosphäre, 2; Geophysikalische Probleme, 2. — **Rothmund**: Physikalische und theoretische Chemie II: Elektrochemie und Thermochemie, 4; Physikalisch-chemisches Praktikum, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. außer Sonnabend, *g*. —

Goldschmiedt: Organische Chemie, 5; Chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Meyer**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 3; Praktische Übungen im Färben und Drucken, für Vorgeschrittene, 3. — **Kirpal**: Qualitative chemische Analyse, 3; Chemische Großindustrie, 1. —

Pick: Differential- und Integralrechnung II, 3; Grundbegriffe der Analysis, 2 *g*; Übungen der mathematischen Abteilung, 2 *g*. — **Grünwald**: Analytische Geometrie II, 5. — **Weinek**: Theorie des Äquatoreals und seiner Mikrometer, 3; Übung im astronomischen Beobachten, 2; Theorie der Sonnenfinsternisse und verwandten Erscheinungen, 1 *g*. — **Oppenheim**: Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichsrechnung nebst Anwendungen, 2. —

Technische Hochschule Prag.

Tuma: Physik: Wellentheorie, Akustik, Optik, 5, Praktikum, 3. — **Puluj**: Allgemeine Elektrotechnik, 2, Übungen, 3; Spezielle Elektrotechnik, 2; Ausgewählte Kapitel der Wechselstrom-Elektrotechnik, 1. — **Pichl**: Meteorologie und Klimatologie: Klimatologisches Praktikum, 1. — **Doerfel**: Maschinenlehre, 5, Konstruktionsübungen, 15; Übungen im Maschinenbau-Laboratorium; Maschinenbau IIa, 2, Konstruktionsübungen, 11, Übungen im Maschinenbau-Laboratorium, 14tägig, 2. — **Stark**: Materialienlehre, 1; Enzyklopädie der Mechanik I, 2; Mechanik I, Repetitorium 1, II, 4, Repetitorium 1, III, 3; Graphische Statik, 2, Konstruktive Übungen, 2. — **Schiebel**: Maschinenbau Ia, 2, Konstruktive Übungen, 4, Ib, 2, Konstruktionsübungen, 7; Allgemeine Maschinenkunde, 3. — **Körner**: Maschinenbau IIb, 4, Konstruktionsübungen, 14½, Übungen im Maschinenbau-Laboratorium, 14tägig, 2; Maschinenbau, ausgewählte Kapitel, 2. —

Gintl: Allgemeine Experimentalchemie: Mineralstoffe, 5; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen für Geübtere, 15; Chemische Technologie anorganischer Stoffe, 7, Übungen, 28. — **Gintl jun.**: Analytische Chemie (qualitative), Repetitorium, 2, Praktische Übungen, 24; Analytische Chemie (quantitative), Repetitorium, 2, Praktische Übungen (mit Gras), 30; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2, Übungen, 6; Enzyklopädie der technischen Chemie, 2; Praktische Übungen in der Ausführung von Heizgasuntersuchungen, 1; Untersuchung der Milch und Butter und Analyse der Fette, 1. — **Gras**: Praktische Photographie und Übungen, 2, Übungen, 6; Praktische Unterweisung in der chemischen Untersuchung von Rohstoffen und Gebrauchsartikeln, 1, Übungen, 4. — **Storch**: Physikalische Methoden der Untersuchung von Nahrungsmitteln, 1, Übungen, 3; Chemie der Metalle und technische Metallgewinnung, 2; Maßanalyse und chemische Arithmetik, 1; Elektrochemie, 3, Übungen, 4; Thermochemie, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, 15. — **N. N.**: Agrikulturchemie, 3. — **v. Georgievics**: Chemische Technologie organischer Stoffe, 6½, Übungen, 26½. — **Harpf**: Technologie des Schwefeldioxydes, 2. — **Sigmund**: Die Düngemittel, 1; Die Chemie des tierischen Stoffwechsels, 1; Die Chemie der Milch, 1. —

Zsigmondy: Mathematik I, 6, Repetitorium, 2; Elemente der höheren Mathematik, 2, Repetitorium, 1. — **Grünwald**: Mathematik IIa, 3, Übungen, 1; Differentialgleichungen und deren Anwendung auf Geometrie und Mechanik, 2. — **Janisch**: Darstellende Geometrie, 4, Konstruktive Übungen, 8 und 5, Übungen, für Vorgeschrittene, 6; Ausgewählte Kapitel aus der darstellenden und projektiven Geometrie, 2. — **N. N.**: Elemente der niederen Geodäsie, 3, Übungen, 2; Niedere Geodäsie I, Übungen, 2, II, 4½, Übungen, 4; Grundzüge der sphärischen Astronomie, 3, Übungen, 2; Anwendungen der Geodäsie auf Kulturtechnik, 2, Übungen, 2. —

Universität Rostock.

Dieterici: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum für Mediziner und Pharmazeuten, 4, für Mathematiker und Naturwissenschaftler, 8, für Geübtere, tägl.; Physikalisches Seminar, 2 *g*. —

Michaelis: Anorganische Chemie, 5; Chemische Übungen im Laboratorium: a) Großes Praktikum, tägl. außer Sonnabend, b) Kleines Praktikum, 9, c) Übungen für Mediziner, 4, d) Übungen für Nahrungsmittelchemiker, 5. — **Heinrich**: Großes agrikulturchemisches Praktikum, tägl. — **Stoermer**: Organische Chemie II: Aromatische Verbindungen, 4; Maßanalyse, 1; Repetitorium der aliphatischen Reihe, 2. — **Kümmell**: Elektrochemie, 2; Atomlehre, 1; Kleines elektrochemisches Praktikum, 4; Elektrochemische Analysen und Präparate, 3; Physikochemisches Vollpraktikum: Leitung selbständiger Arbeiten, tägl. — **Kunckell**: Repetitorium der pharmazeutischen Chemie, 3; Chemische Untersuchung der Arzneimittel, 1; Einführung in die Nahrungsmittel- und Harnanalyse, *g*. —

Staude: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Algebra, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. —

Universität Straßburg.

Braun: Experimentalphysik I: Mechanik, Molekularphysik, Optik, 5; Physikalische Übungen, 5 oder 10; Übersichtskursus für Mediziner, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten (mit Cohn), 5 Tage; Physikalisches Kolloquium (mit Cohn), 2 *g*. — **Cohn**: Theorie der Wärme, 3. — **Hergesell**: Meteorologisches und geophysikalisches Kolloquium, 2; Meteorologische Übungen, tägl. *g*. —

Thiele: Allgemeine Experimentalchemie: Organischer Teil, 5; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene (mit Kohlschütter), tägl. außer Sonnabend; Kolloquium über organische Chemie, 1 *g*. — **Kohlschütter**: Theorie und Anwendung physikalisch-chemischer Methoden, 2; Praktikum für Gasanalyse, 3; Übungen in physikalisch-chemischen Meßmethoden. — **Rose**: Chemische Technologie der schweren Metalle, 3; Repetitorium der analytischen Chemie, 3; Die Mineralfarben, 1 *g*. — **Erlenmeyer**: Stereochemie, 1. — **Köhl**: Stereochemie, 1. — **Straus**: Die Teerfarbstoffe und ihre Anwendung in der Färberei I, 3. — **Schär**: Pharmazeutische Chemie, 5; Geschichte der Pharmazie, 2; Die Fette und Wachsarten in pharmazeutisch-chemischer Beziehung, 1 *g*; Übungen und Untersuchungen im pharmazeutischen Institut, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Nahrungsmittelchemiker (mit Kreutz), tägl. außer Sonnabend; Pharmakognostisches Praktikum I (mit Rosenthaler), 3, II, 2—3. — **Kreutz**: Die Bereitung und Untersuchung des Schaumweines der Branntweine und der Molkereiprodukte, mit Exkursionen, 1. — **Rosenthaler**: Physikalische und chemische Prüfungsmethoden des deutschen Arzneibuches, 1. —

Reye: Ausgewählte Kapitel der höheren synthetischen Geometrie, 3; Theorie der Kräfte, die nach Newtons Gesetz wirken: Potentialtheorie, 3; Übungen des mathematischen Seminars, 2 *g*. — **Weber**: Bestimmte Integrale und Einleitung in die Funktionentheorie, 4; Algebra, 3; Übungen des mathematischen Oberseminars (mit Wellstein, Timerding und Epstein), 1½ *g*. — **Wellstein**: Einleitung in die Theorie der algebraischen Funktionen, 4; Riemannsche Flächen, 2; Übungen des mathematischen Unterseminars, 1 *g*. — **Timerding**: Analytische Geometrie des Raumes, 3; Darstellende Geometrie II, 2, Übungen, 2 *g*; Die Entwickelung der mechanischen Prinzipien, 1 *g*. — **Epstein**: Analytische Zahlentheorie, 2. — **Simon**: Methodik und Didaktik des Rechnens und der Mathematik auf den höheren Schulen, 2. — **Becker**: Sphärische Astronomie I, 2; Geodäsie (niedere) mit Übungen und Demonstrationen, 3; Astronomisches Kolloquium, 14tägig, *g*; Astronomische Beobachtungen an Instrumenten der Sternwarte. — **Wirtz**: Spektralanalyse der Gestirne, 1; Über Sternkataloge, 1. —

Technische Hochschule Stuttgart.

Koch: Experimentalphysik: Elektromagnetismus, Induktion, Akustik, Optik, Elektrooptik, 4; Übungen im physi-

kalischen Laboratorium (mit Käser): Physikalisches Praktikum I für Anfänger, tägl. außer Sonnabend, II, tägl.; Theoretische Physik, ausgewählte Kapitel, 2. — **Lang**: Die Differentialgleichungen der mathematischen Physik, 2. — **Veesenmeyer**: Elektrotechnische Konstruktionselemente, 2; Elektrische Maschinen II, 3; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 8; Die elektrische Arbeitsübertragung, einschließlich Projektieren elektrischer Anlagen, 2. — **Dietrich**: Elektrische Beleuchtung, 2; Elektrotechnische Meßkunde II, 2; Elektrotechnisches Laboratorium: Übungen II (mit Herrmann und Dehn), tägl. außer Sonnabend, III (mit Herrmann), tägl. außer Sonnabend. — **Herrmann**: Die Elektrizitätswerke einschließlich der Leitungen, 2; Elektrotechnische Meßkunde I, 2; Elektrotechnisches Laboratorium: Übungen I (mit Dehn), 4 halbe Tage. — **Widmaier**: Werkzeugmaschinen, 3, Konstruktionsübungen, 4; Übungen zur mechanischen Technologie und Eisenhüttenkunde, 4. — **Johannsen**: Verarbeitung der Faserstoffe, 4. — **v. Weyrauch**: Arostatik und Arodynamik, 2; Analytische Theorie der Ingenieurkonstruktionen, 4, Übungen, 4; Einleitung in die mathematische Theorie der Elastizität, 2. — **Berg**: Maschinenzeichnen, 12; Pumpen, 2. — **v. Ernst**: Maschinenelemente (mit Daur), 3; Hebezeuge (mit Daur), Konstruktionsübungen, 6. — **Thomann**: Wasserkraft-Maschinen, 6; Turbinen-Regulatoren, 1, Konstruktionsübungen, 2; Maschinenkonstruktionen (mit Hahn), 8; Maschinenkunde, Übungen, 4. — **Bantlin**: Dampfkessel, 3; Elastizitätslehre, 2, Übungen, 1; Dampfturbinen, 2; Maschinenkonstruktionen (mit Bretschneider), 10. — **v. Bach**: Materialprüfungsanstalt (mit Daiber und Gütlinger), 1, Übungen, 5 Tage; Ingenieurlaboratorium (mit Stückle), Übungen; Erörterungen für Maschineningenieure, 1. — **Enßlin**: Verbrennungsmotoren, Übungen, 1. — **Magenau**: Verbrennungsmotoren, Konstruktionsübungen, 4. —

v. Hell: Allgemeine Experimentalchemie, 4; Übungen im Laboratorium für allgemeine Chemie (mit Kauffmann, Bauer und Leypold), tägl. außer Sonnabend; Organische Chemie, 2; Theoretische Chemie, 2. — **Schmid**: Analytische Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 2. — **Kauffmann**: Farbenchemie, 2; Kolloquium über organische Chemie, 2; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2. — **Küster**: Pharmazeutische Chemie: Organischer Teil, 2; Toxikologie, 1; Chemisch-pharmazeutische Übungen. — **Seel**: Neuere Arzneimittel, 2; Chemie in ihrer Anwendung auf Medizin, Nahrungsmittelindustrie und Landwirtschaft, 1; Gesetzeskunde für Chemiker und Pharmazeuten, 1. — **Philip**: Technische und Handelsanalysen organischer Produkte, 1. — **Rohland**: Anwendungen der physikalischen Chemie auf technische Analysen und Prozesse, 1 *g*; Technologie der Tonmaterialien, 1 *g*. — **E. Müller**: Physikalische Chemie, 2; Technische Chemie, 2; Übungen im Laboratorium für Elektrochemie und technische Chemie, tägl. außer Sonnabend; Metallurgie, 1. — **Brunner**: Photochemie mit besonderer Berücksichtigung der Photographie, 1. —

N. N.: Trigonometrische Übungen, 2; Übungen zur praktischen Geometrie I (mit Heer und Fischer), 15, II, für Geodäten, 5; Katastermessungen, mit Übungen, 2. — **Stübler**: Mathematische Geographie, mit Übungen, 2. — **Bretschneider**: Repetitionen in niederer Mathematik, 2. — **Reuschle**: Analytische Geometrie der Ebene (mit Stübler), 3, Übungen, 1; Differential- und Integralrechnung I (mit Stübler), 4, Übungen, 2, III, 3, Übungen, 1; Mathematisches Seminar (mit Mehmke), 1. — **Wölffing**: Krümmungstheorie 3; Partielle Differentialgleichungen, 1 *g*. — **Mehmke**: Darstellende Geometrie (mit Stübler), 4, Übungen, 6; Projektive Geometrie (mit Stübler), 3, Übungen, 1. — **Roth**: Perspektive, 2. — **N. N.**: Technische Mechanik, 6, Übungen, 6; Statik, Übungen, 2; Dynamik und Hydraulik, 2, Übungen, 1. — **Hammer**: Praktische Geometrie II, 5, Übungen I, 4, II, 4; Geodätische Exkursion (Herbstferien), 2 Wochen; Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, Übungen, 2; Astronomische Zeit- und direkte geographische Ortsbestimmung, Übungen, 1. —

Universität Tübingen.

Paschen: Experimentalphysik I: Mechanik, Optik, 5; Physikalische Übungen für Anfänger, 4; Selbständige physikalische Untersuchungen, tägl. — **Waitz**: Theoretische Physik I: Einleitung und Theorie der Wärme, 3, Übungen, 2; Populäre Astronomie, 2. — **Gans**: Einführung in die Vektoranalysis mit Anwendungen auf die mathematische Physik, 1; Die Eigenschaften des Äthers, 1. —

v. Hüfner: Ausgewählte Kapitel aus der physiologischen Chemie, 2; Praktisch-chemische Übungen für Mediziner I: Qualitative Analyse, 6, II: Quantitative Analyse, 6; Physiologisch-chemische Arbeiten für Geübtere, tägl. — **Wislicenus**: Allgemeine Chemie II: Organische Experimentalchemie, 5, Ergänzungen, 1 *g*; Praktische Übungen im Laboratorium: a) Analytisch-chemisches Praktikum (mit Bülow), ganz oder halbtägig, b) Pharmazeutisch-chemisches Praktikum (mit Weinland), ganz- oder halbtägig, c) Präparative Arbeiten, ganztägig, d) Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, ganztägig. — **Bülow**: Analytische Chemie II, 3; Ausgewählte Kapitel aus der Technik organischer Verbindungen, 1. — **Weinland**: Pharmazeutische Chemie II: Organischer Teil, 2; Forensische Chemie, 1; Vergleichung der Elemente an der Hand des periodischen Systems, 1. — **Wedekind**: Chemie der aromatischen Verbindungen I: Karbozyklische Verbindungen, 2; Einführung in die Elektrochemie und ihre Anwendungen, 1; Moderne chemische und physikochemische Probleme: Radioaktive Stoffe, kolloidale Substanzen, Eiweiß usw., 1; Physikochemische und gasanalytische Übungen, 4. — **Happel**: Kinetische Theorie der Gase, Flüssigkeiten und Metalle, 2. —

v. Brill: Analytische Geometrie des Raumes, 3; Theorie der Krümmung der Flächen, 4; Übungen im Seminar, 2. — **v. Stahl**: Niedere Analysis, 3; Höhere Analysis I: Differentialrechnung, 3; Variationsrechnung, 2; Übungen im Seminar, 2. — **Maurer**: Synthetische Geometrie, 2, Übungen, 1; Darstellende Geometrie I, 1, Übungen, 2. —

Universität Wien.

v. Lang: Experimentalphysik II, 4. Mathematische Ergänzungen, 1 *g*. — **Franz Exner**: Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6, für Chemiker und Naturhistoriker, 5; Physikalische Übungen für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Konversatorium (mit v. Schweidler), 1 *g*. — **Lampa**: Physikalisches Praktikum für Mediziner, 3. — **Jäger**: Elektromagnetische Theorie der Polarisation und Doppelbrechung, 1. — **Moser**: Experimentalphysik, insbesondere Elektrizität und Optik, 3, Demonstrationen und Übungen an und mit physikalischen Apparaten, 6; Einführung in die mathematische Physik, zugleich als Einleitung in die Differential- und Integralrechnung, 2. — **v. Schweidler**: Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten (Anleitung zur Anstellung von Schulexperimenten), 8. — **Meyer**: Elemente der theoretischen Physik: Hydrodynamik und Elastizität, 3; Physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Haschek**: Physikalisches Praktikum für Vorgeschrittene, 8; Emissionsspektren der Elemente, 2. — **Kohl**: Hydromechanik, 2. — **Przibram**: Thermodynamik, 2. — **Ehrenhaft**: Elektronentheorie, 3. — **v. Lerch**: Theorie der Wärme- und Elektrizitätsleitung, 2. — **Hann**: Allgemeine Klimatologie II, 2; Anleitung zur Berechnung der meteorologischen Beobachtungen, 1. — **Pernter**: Meteorologische Instrumentenkunde mit Übungen an der K. K. Zentralanstalt, 3; Meteorologisches Konversatorium, 1; Arbeiten Vorgeschrittener, 5 *g*. — **Felix Exner**: Mathematische Vorkenntnisse für Probleme der physikalischen Meteorologie für Anfänger, 2. — **Conrad**: Atmosphärische Elektrizität (Fortsetzung), 1. — **Hinterberger**: Photographisches Praktikum, 6wöchige Kurse; Praktischer Kurs über Mikrophotographie. —

Skraup: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger, 5 Tage, für Mediziner, 4; Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. — **Wegscheider**: Theoretische und physikalische Chemie II, 5; Chemische Übungen für Anfänger, 5 Tage; Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. — **Lippmann**: Organische Chemie II: Chemie der Benzolderivate, 3; Chemische Übungen für Anfänger, 5 Tage; Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. — **Herzig**: Pharmazeutische Chemie, 5; Übungen aus pharmazeutischer Chemie, 5 Tage. — **Pribram**: Physikalische Eigenschaften und chemische Konstitution I: Das optische Drehungsvermögen und seine An-

wendung in der Chemie, 2. — **Franke**: Harnanalyse, 2; Maßanalyse, 2. — **Pollak**: Chemische Technologie der Rohstoffe des Tierreiches, mit Exkursionen, 2; Repetitorium der analytischen Chemie für Pharmazeuten, 2; Färbereitechnische Übungen II, 5. — **Wenzel**: Chemische Technologie, Zement, Glas und Ton, 1; Repetitorium der theoretischen Chemie, 1. — **Billitzer**: Technische Elektrochemie, 2. — **M. Kohn**: Chemisches Repetitorium, 2. —

Escherich: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3; Bestimmte Integrale und Variationsrechnung, 5; Proseminar für Mathematik, 1 Tag *g*; Seminar für Mathematik, 2 Tage *g*. — **Mertens**: Differential- und Integralrechnung (Fortsetzung), 5, Übungen, *g*; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*; Übungen im mathematischen Proseminar, 1 *g*. — **Wirtinger**: Elliptische Funktionen, 5; Mathematische Statistik, 3; Mathematisches Seminar, 2 *g*; Mathematisches Proseminar, 1 *g*. — **G. Kohn**: Synthetische Geometrie (Fortsetzung), 4, Übungen, 1 *g*; Differentialgeometrie I, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik (Fortsetzung), 4; Invaliditätsversicherung, 2 *g*. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik II, 3. — **Plemelj**: Funktionentheorie (Fortsetzung), 3. — **Hahn**: Theorie der Funktionen einer reellen Veränderlichen (Fortsetzung), 3. — **Hanni**: Unendliche Doppelreihen und deren Verwendung in der Funktionentheorie, 2. — **Weiß**: Praktische Astronomie, 4. — **Hepperger**: Astrophysik, 3; Über Doppelsterne, 2. — **Schram**: Über die Zeitrechnung der Inder, 1. — **Prey**: Die Schwereverteilung auf der Erde, 1. — **Herz**: Die Elemente der darstellenden Geometrie und deren Anwendung auf das Kartenzeichnen, 4. —

Technische Hochschule Wien.

Jäger: Physik, 6. — **N. N.**: Physik für die Hörer der Hochbauschule, 3. — **Hasenöhrl**: Physik, 5 bzw. 2, Übungen, 1; Maxwellsche Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 2. — **Sahulka**: Grundlagen der Elektrotechnik, 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2. — **Pichelmayer**: Dynamobau, 3, Konstruktive Übungen, 11. — **Hochenegg**: Elektrische Stromverteilung, 3; Elektrotechnik, Praktische Übungen und Untersuchungen (mit Sahulka), 4. — **Grau**: Elektrisches Beleuchtungswesen, 1. — **Reithoffer**: Allgemeine Wechselstromtechnik, 2. — **Jüllig**: Elektrische Telegraphie und Eisenbahn-Signalwesen, 2. — **Kobes**: Theoretische Maschinenlehre I, 4, II, 3; Konstruktionsübungen zum Bau der Lasthebemaschinen, 12. — **Seidler**: Maschinenzeichnen, 2, Übungen, 6; Allgemeine Maschinenkunde, 3. — **Englaender**: Maschinenelemente, $4^1/_2$; Dampfkessel, Dampfapparate und Behälter, 6. — **Baudiß**: Bau der Wärmekraftmaschinen I, $4^1/_2$. — **Budau**: Konstruktionsübungen zu Wasserkraftmaschinen und Pumpen, $12^1/_2$; Ausgewählte Kapitel aus dem Maschinenbau, 3. — **Meter**: Feuerungstechnik, Heizung, Lüftung und sonstige gesundheitstechnische Ausbildung von Wohn-, Fabriks- und öffentlichen Gebäuden, $2^1/_2$. — **v. Stockert**: Eisenbahnmaschinenwesen, 3. — **Liznar**: Erdmagnetismus, 2. — **Eder**: Photochemie und angewandte Photographie, 1; Photographisches Praktikum, 4. —

Suida: Allgemeine Experimentalchemie II, 5; Chemische Technologie organischer Stoffe, 5, Übungen, 20. — **Bamberger**: Übungen im Laboratorium der allgemeinen Experimentalchemie, 20; Enzyklopädie der technischen Chemie, 3. — **Vortmann**: Analytische Chemie, 4, Übungen, 20. — **v. Jüptner**: Theoretische und physikalische Chemie I, $1^1/_2$, II, 2, Übungen, 4; Chemische Technologie anorganischer Stoffe, 5, Übungen, 20. — **Feitler**: Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen und theoretischen Chemie, 1. — **Skrabal**: Die Chemie der seltenen Elemente, 2. — **Böck**: Arbeitsmethoden in der organischen Chemie, 2. — **Paweck**: Technische Elektrochemie, 2. — **Abel**: Theoretische Elektrochemie, 1; Theorie ausgewählter Verfahren der elektrochemischen Industrie, 1. — **Lippmann**: Chemie der Benzolderivate, 3. — **Strunz**: Die chemischen Gewerbe bei den Griechen und Römern, 1. — **Kick**: Mechanische Technologie I, 5. — **Strache**: Beleuchtungswesen. —

N. N.: Mathematik I, 5, Korrepetitionen, 2. — **Carda**: Mathematik I, 5. — **Czuber**: Mathematik II, 5; Korrepetitionen; Grundlehren der höheren Mathematik, 2. — **Grünwald**: Ausgewählte Kapitel aus der analytischen Geometrie, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik I, 4, II, 3. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik, 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie, 4, Konstruktives Zeichnen, 6; Stereographische Projektion und Zyklographie, 2, Konstruktionsübungen, 2; Seminar für darstellende Geometrie, 2. — **Schmid**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 4, Konstruktionsübungen, 6; Projektive Geometrie II, 3, Konstruktionsübungen, 2. — **Adler**: Theorie der geometrischen Konstruktionen, 2. — **Finger**: Elemente der reinen Mechanik in Verbindung mit graphischer Statik, 5, Korrepetitionen: Analytische Mechanik, 2. — **Jung**: Elemente der reinen Mechanik in Verbindung mit graphischer Statik, 5; Hydromechanik, 2. — **Kirsch**: Praktische Arbeiten im mechanisch-technischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **N. N.**: Technische Mechanik II: Hydromechanik, 3. — **Pollack**: Praktische Übungen zu den Elementen der niederen Geodäsie, 5; Enzyklopädie der Ingenieur-Wissenschaften, 4. — **Doležal**: Praktische Geometrie, $7^1/_2$, Praktische Übungen, 10; Situationszeichnen: Terrainzeichnen, 3, Geodätischer Kurs, 4; Photogrammetrie, Übungen, 2; Katastralvermessung in Österreich, 2. — **Tinter**: Sphärische Astronomie, 4; Übungen im Beobachten und Rechnen, $2^1/_2$; Geodätische Rechenübungen, $2^1/_2$. —

Universität Würzburg.

Wien: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 5; Praktische Übungen im physikalischen Institut, 4 bezw. 10; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Cantor**: Einleitung in die theoretische Physik, 4. — **Harms**: Ausgewählte Kapitel der theoretischen Physik, 2, Übungen, *g*. —

Medicus: Chemische Technologie, 4; Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 5; Praktikum für Pharmazeuten, halb- und ganztägig; Praktikum in allen Richtungen der angewandten Chemie und Nahrungsmittelanalyse, halb- und ganztägig. — **Tafel**: Organische Experimentalchemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Manchot), ganz- und halbtägig; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Gürber), 4; Vollpraktikum für präparative Arbeiten, tägl.; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Manchot), tägl. — **Manchot**: Maßanalyse (unter Berücksichtigung der durch das deutsche Arzneibuch vorgeschriebenen Methoden), 1. — **Reitzenstein**: Geschichte der Chemie, 1. — **Pauly**: Pflanzenalkaloide, 1. —

Prym: Theorie der gewöhnlichen Differentialgleichungen, 4; Übungen aus der Differential- und Integralrechnung, 2 *g*; Ausgewählte Kapitel der Funktionentheorie, 2 *g*. — **Rost**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4 *g*; Analytische Mechanik der Systeme starrer Körper, 4, Übungen, 2 *g*; Ausgewählte Kapitel der Elementarmathematik, 2 *g*. —

Universität Zürich.

Kleiner: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, $^1/_2$ Tag, für Vorgerücktere, tägl.; Theoretische Physik, 2. — **Adler**: Prinzipien der Wärmelehre, 2; Einführung in die Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 2; Kolloquium über Fragen der Wärmetheorie, 2 *g*. —

Werner: Organische Experimentalchemie, 5; Anorganische Chemie II, 2; Chemisch-analytisches Praktikum, tägl.; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere (präparative Arbeiten, Ausführung selbständiger Arbeiten), tägl.; Elektrochemische Übungen, 2 Nachmittage *g*; Technisch-chemische Übungen, 1 Nachmittag *g*; Chemisches Halbpraktikum, halbtägig. — **Abeljanz**: Quantitative chemische Analyse mit Berücksichtigung der elektrolytischen Methoden, 2; Chemie und Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 1, Übungen, 6 oder 12; Anleitung zu chemischen Arbeiten im Laboratorium, 1 *g*; Anleitung zur Ausführung chemischer Experimente, 1; Chemisches Praktikum für Mediziner und Veterinäre, 3 Tage, für Studierende der Naturwissenschaften, 3 Tage, für Anfänger und Vorgerücktere, tägl., für Kandidaten des Sekundarlehramtes, 6. — **Pfeiffer**: Aromatische Chemie II, 2; Organische Farbstoffe, 2; Stereochemie, 1. —

Burkhardt: Differential- und Integralrechnung II, 4; Analytische Mechanik, 4; Mathematisches Seminar: Mathematische Behandlung periodischer Naturerscheinungen, 2. — **Weiler**: Darstellende Geometrie II, mit Übungen, 4; Analytische Geometrie II, mit Übungen, 3; Mathematische Geographie, 2. — **Gubler**: Hauptsätze der Differential- und Integralrechnung, 2; Politische Arithmetik II: Versicherungsmathematik, 2; Der geometrische Unterricht an der Mittel-

schule, 1. — **Wolfer**: Geographische Ortsbestimmung, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 3 Abende; Ausgewählte Methoden der Zeit- und Ortsbestimmung, 2. — **de Quervain**: Theorie und Praxis der wichtigsten geographischen Reise-Instrumente, mit Exkursionen, 14tägig, 2; Einführung in die meteorologische Literatur, mit Referierübungen, 14tägig, 2 *g*. —

Technische Hochschule Zürich.

H. F. Weber: Physik, 4, Repetitorium, 1; Prinzipien, Apparate und Meßmethoden der Elektrotechnik, 2; Einführung in die Theorie des Wechselstroms, 2; Elektromechanik, 2; Wissenschaftliche Arbeiten in den physikalischen Laboratorien, 8, 12 oder 24; Elektrotechnisches Laboratorium, 8 oder 16. — **Weiß**: Physik, 4, Repetitorium, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4; Wissenschaftliche Arbeiten in den physikalischen Laboratorien, 8, 12 oder 24. — **Schweitzer**: Physik, 4, Repetitorium, 1; Thermodynamik, 2. — **Kunz**: Ausgewählte Kapitel der Elektronentheorie, 2 *g*. — **Wyßling**: Elektrische Zentralanlagen I, 2; Elektrische Bahnen, 2. — **Tobler**: Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Schwachstromtechnik (Fortsetzung), 1. — **Stodola**: Dampfmaschinenbau II, 4, Repetitorium, 1; Maschinenkonstruieren, 12; Gasmotoren (Fortsetzung), 1; Übungen in der kalorischen Abteilung des Maschinenlaboratoriums (mit Farny), $^1/_2$ Tag. — **Farny**: Bau von Dynamomaschinen I, 3; Besondere Kapitel aus dem Dynamobau, 2. — **Prásil**: Hydraulische Motoren und Pumpen I, 2, Repetitorium, 1; Konstruktionsübungen und Demonstrationen im Laboratorium, 3; Fabrikanlagen, 2; Übungen in der hydraulischen Abteilung des Maschinenlaboratoriums, $^1/_2$ Tag. — **Escher**: Mechanische Technologie I: Metallurgie, 4, Repetitorium, 1, III: Werkzeugmaschinen (Fortsetzung), Spinnerei, 3, Repetitorium, 1; Maschinenlehre: Wärmemotoren, Hydraulik, Turbinen, 4, Übungen und Repetitorium, 4. — **Fliegner**: Theoretische Maschinenlehre I: Praktische Hydraulik, Meßmethoden des Maschinenwesens, 4, Übungen, 2, III: Lokomotiven, 3, Übungen, 2. — **Herzog**: Mechanik I, 6, Repetitorium, 1, Übungen, 2. — **Meyer**: Maschinenzeichnen, 2, Übungen, 6; Skizzierübungen, 2; Maschinenbau: Transmissionen und Hebezeuge, 4, Repetitorium, 1; Maschinenkonstruieren und Demonstrationen im Laboratorium, 9. — **A. Weber**: Mechanik und Maschinenlehre, 4, Repetitorium, 1; Konstruktionsübungen, 4; Feuerungsanlagen, 2; Konstruktionsübungen, 2. — **Heinemann**: Vergessene Erfinder und verloren gegangene Erfindungen in der Geschichte der Technik, 1. — **Barbieri**: Photographie II, 1; Photogrammetrie, 1; Photographisches Praktikum, 2. —

Treadwell: Analytische Chemie II, 2; Chemisch-technische Analyse mit Übungen, 4; Probierkunde mit Übungen, 2; Analytisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl.; Chemisches Praktikum, 2 bzw. 4. — **Berl**: Theorie chemisch-technischer Prozesse II, 2 *g*. — **Constam**: Angewandte Thermochemie, 2 *g*. — **Grandmougin**: Künstliche organische Farbstoffe, 3, Repetitorium, 1; Nahrungsgewerbe, 2; Beleuchtungsindustrie, 1: Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Grete**: Agrikulturchemische Untersuchungsmethoden, 2 *g*. — **Hartwich**: Pharmazeutische Chemie, 5; Ätherische Öle, 1; Toxikologie, 2; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 12; Technische Mikroskopierübungen II: Nahrungsmittel und Gewürze, 4; Warenkunde, 2; Chemische Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, tägl.; Pharmakognostische Übungen für Vorgerücktere, tägl. — **Kaufler**: Organische Elektrochemie, 1 *g*; Konstitutionsbestimmung organischer Körper, 1 *g*. — **Lorenz**: Physikalische Chemie I, 2; Technische Elektrochemie, 2; Elektrochemisches Praktikum für Anfänger, $^1/_2$ Tag, für Vorgerücktere, tägl.; Physikalisch-chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Lunge**: Anorganische chemische Technologie, 3, Repetitorium, 1; Chemische Technologie der Baumaterialien und Explosivstoffe, 2, Repetitorium, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Ott**: Theorie und Praxis der Leuchtgasindustrie, 1. — **Schmidlin**: Spezielle anorganische Chemie: Seltene Erden und radioaktive Elemente, 1; Allgemeine Methoden der organisch-chemischen Synthese, 1. — **Schulze**: Organische Chemie, 3, Repetitorium, 1; Agrikulturchemie II: Fütterungslehre, 2; Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium (mit Winterstein), 4 und 8; Agrikultur-chemisches Praktikum für Vorgerücktere, 24. — **Willstätter**: Organische Chemie, 6, Repetitorium, 1, II: Benzolderivate, 2, Repetitorium, 1; Analytisch-chemisches Praktikum, 16 und 24; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Winterstein**: Physiologische Chemie, 2; Anleitung zu den Übungen im agrikultur-chemischen Laboratorium, 1. —

W. Fiedler: Darstellende Geometrie, 2, Repetitorium, 1, Übungen, 4; Geometrie der Lage, 4; Elemente der analytischen Geometrie der Lage, 2. — **Beyel**: Axonometrie und Perspektive, 2; Schattenlehre, 1; Die Grundlagen der Geometrie, 2. — **Franel**: Integralrechnung, 4, Repetition, 1, Übungen, 2. — **Geiser**: Algebraische Flächen, 4; Analytische Geometrie II, Übungen, 2. — **Hirsch**: Integralrechnung, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Invariantentheorie, 2. — **Hurwitz**: Algebraische Gleichungen, 4; Mathematisches Seminar (mit Lacombe), 2. — **J. Keller**: Ausgewählte Übungen aus der Differential- und Integralrechnung, 2. — **Kraft**: Analytische Mechanik, 3; Geometrischer Kalkül I: Elemente, 2, II, 2, III: Mechanik, 2. — **Lacombe**: Darstellende Geometrie, 2, Repetition, 1, Übungen, 4. — **N. N.**: Katastervermessung und Güterzusammenlegung, 4, Übungen, 3; Versicherungsmathematik, 2; Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf die Fehlertheorie, 1. — **Rudio**: Anwendungen der höheren Mathematik, 4. — **Wolfer**: Geographische Ortsbestimmung, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 3; Ausgewählte Methoden der Zeit- und Ortsbestimmung, 2. —

Gesuche.

Als **Laboratoriums-Vorstand**

unserer Meßinstrumenten-Fabrik suchen wir einen auf diesem Gebiet durchaus erfahrenen **Physiker** oder **Ingenieur** mit Hochschulbildung. Angebote mit Lebenslauf, Angabe der Gehaltsansprüche, der Antrittszeit, sowie Referenzen erbeten an

Allgem. Elektricitäts-Gesellschaft, Apparatefabrik, Berlin N. 31, Ackerstraße 71/76.

Für unsere **Messinstrumenten-Abteilung suchen** wir einen

Laboratoriums-Ingenieur

mit Universitäts- oder Hochschulbildung. Offerten mit kurzem Lebenslauf, Gehaltsansprüchen und Angabe von Referenzen an die unterzeichnete Fabrik erbeten.

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Apparatefabrik, Berlin N. 31, Ackerstraße 71/76.

Physiker gesucht

für das Bureau der deutschen Südpolar-Expedition (Reichsamt des Innern). Arbeitsgebiet: Erdmagnetismus. Anfangsgehalt 150 M. pro Monat. Bewerber wollen sich wenden an

Dr. Bidlingmaier, Berlin NW. 23, Lessingstr. 31.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. Emil Bose in Oliva bei Danzig. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.